А. С. Ассовская

# КОМАНДИРУЕТСЯ В СТРАТОСФЕРУ

А. С. Ассовская

# КОМАНДИРУЕТСЯ В СТРАТОСФЕРУ

Ленинград Гидрометеоиздат 1983

26.23+22.38
Л-90

Рецензенты:
д-р физ.-мат. наук **О. В. Ложкин**
д-р физ.-мат. наук **Л. Р. Ракипова**
**д-р геогр. наук Е. С. Селезнева**

© Гидрометеоиздат, 1983.

*Посвящается*
*светлой памяти мужественных*
*покорителей стратосферы*

В этом полете все было впервые: и небывалая высота, достичь которой надеялись, и зимний старт, и даже дублеры у стратонавтов тоже назначались впервые.

...Огромный рвущийся в небо баллон стратостата представлял в те далекие годы столь же внушительную и волнующую картину, как и космический корабль на старте в наши дни.

Каждую секунду земля становилась на три метра дальше. Постройки подмосковного Кунцевского аэродрома уже казались игрушечными. Потом в кабине стало темно — стратостат пробивал плотный облачный слой. И вот открылась неповторимая по своей красоте картина: гондола плавно скользила по ватным хребтам облаков, а над ней расстилалось безупречной синевы небо. Беспощадно яркое солнце играло на металлических поверхностях приборов.

„Высота 1600 метров. Берем первую пробу воздуха",— радировали на землю.

А стратостат неумолимо тянулся вверх. Все эмоции были загнаны в дальний уголок сердца, и только никогда не отключающийся аналитический ум экспериментаторов непрерывно фиксировал, оценивал, давал объяснение увиденному.

Так высоко не поднимался еще ни один человек... 22 тысячи м... Глубина воздушного океана ощущалась почти физически. Черное, нет, скорее густо-темно-фиолетовое, небо над головой. Так вот она какая, стратосфера!

В 12 часов 45 минут начали спуск.

А потом... Потом рывок, создавший на миг ощущение невесомости... Неслышимый в гондоле треск не выдержавших перегрузок строп... И дикая, бешеная карусель воздушных потоков, завертевшая эту неуправляемую частицу Земли — гондолу с тремя стратонавтами, которые уже все поняли... Они не могли не понять случившегося, эти трое — летчик, инженер и физик... Последние десять минут, пока сознание не покинуло их, они лихорадочно пытались спасти приборы, бортовой журнал, записи. Надеялись, что их тела послужат амортизаторами при ударе о землю и сохранят то, что принадлежит науке.

Прошло много лет. Считанные мгновения требуются вдавленному в кресло перегрузками космонавту, чтобы преодолеть двадцатидвухкилометровый рубеж, ставший последним мировым рекордом стартовавших в историю Павла Федосеенко, Андрея Васенко, Ильи Усыскина. Но без медленного, метр за метром, шаг за шагом, как труднейшее восхождение в горах, продвижения по невидимым ступеням воздушного океана не состоялась бы встреча человека с настоящим Космосом.

Что привело человека в стратосферу? Что искали там воздухоплаватели и ученые? Почему верхние слои атмосферы

требовали, по словам академика С. И. Вавилова, „особого изучения, специальных методов и огромного напряжения исследовательской мысли и энергии"?

Каждый полет в стратосферу в первые десятилетия XX века, как и каждый космический запуск во второй его половине, был разведкой. Говорили: для того, чтобы исследовать стратосферу, прежде всего в нее надо войти.

Именно в стратосфере искали физики 30-х годов разгадку природы космических лучей. Астрономы рассчитывали, что, поднявшись в стратосферу, можно будет сфотографировать не искаженный воздушным экраном солнечный спектр во всем его диапазоне и наблюдать при помощи соответствующей аппаратуры солнечную корону во всей ее красоте.

Биологи надеялись в холодном, чистом и разреженном воздухе стратосферы найти жизнь в ее первичных формах. Перед радиоинженерами открывались новые перспективы радиосвязи. Геофизиков привлекала возможность аэрофотосъемки поверхности земли с больших высот.

Особые надежды на решение своих наболевших проблем связывали со стратосферой метеорологи. Еще Д. И. Менделеев писал, что „все процессы, определяющие погоду, находятся в верхних слоях атмосферы, там лаборатория погоды, там образуются облака, там они движутся...".

И наконец, в стратосферу привела человека борьба за скорость. Она велась во всех сферах передвижения: на суше, на воде, на шоссейных и железных дорогах и, конечно же, в воздухе. Ожидали, что в стратосфере, где воздух разрежен и его сопротивление минимально, можно будет развить поистине фантастические скорости — 1000, 2000 и даже 3000 км/ч. Именно с освоением стратосферы связывали будущее авиации. Там пройдут, как предполагали, основные трассы мировых сообщений.

А те, кто мысленно уже летал к звездам, чья опережающая время фантазия еще не могла преодолеть тиски технической реальности, считали, что стратосфера — это ступенька на пути к другим мирам.

В 30-е годы, когда авиации были недоступны большие высоты, а реактивный способ перемещения в пространстве еще находился в стадии проектов и моделей, единственным средством подъема на большие высоты были летательные аппараты легче воздуха, т. е. воздушные шары. Свободное воздухоплавание требовало от пилотов особой смелости, мужества, воли, а нередко — согласно статистике, каждый двухсотый полет оканчивался катастрофой — за право подняться над землей приходилось расплачиваться жизнью.

Теперь полеты на аэростатах редки и совершаются в основном в научных целях. Но давайте попробуем мысленно вместе с исследователями оторваться от дна воздушного океана. Ведь стратосфера, как говорил К. Э. Циолковский,— „первый и решительный шаг по пути человечества наверх".

Глава I

# ВОЗДУШНЫЙ ОКЕАН ЗЕМЛИ

## Термический профиль атмосферы

Для наблюдателя, никогда не отрывавшегося от поверхности собственной планеты, не может не представлять интереса следующий вопрос: что делается выше, за пределами воздушной оболочки, насколько далеко простирается атмосфера и каковы ее свойства на больших высотах?

О том, что воздушная оболочка Земли должна иметь предел, догадывались давно. Предполагали, что постепенно, по мере ослабления земного притяжения, атмосфера должна „сходить на нет". Далее была неизвестность. Русский метеоролог М. Ф. Спасский писал в 1852 году: „Что же находится за пределами нашей атмосферы? На этот вопрос нельзя ответить ничего положительного".

Одним из первых решил оценить глубину атмосферы Земли арабский ученый Альгазен. Нет, он не поднимался вверх, да, собственно говоря, никаких летательных аппаратов в XI веке и не знали. Альгазен наблюдал за сумерками. Как известно, по мере погружения Солнца за горизонт, равно как и утром, перед восходом, прямые солнечные лучи не попадают на поверхность Земли, но последовательно освещают все более и более высокие слои атмосферы. По продолжительности сумерек Альгазен вычислил, что высота атмосферы составляет около 50 км. Впоследствии расчеты Альгазена уточнялись другими исследователями и воздушный потолок „поднимался" все выше и выше: до 60—70 км.

В 50-е годы нашего века советские ученые во главе с академиком В. Г. Фесенковым поставили специальные наблюдения за сумерками; оказалось, что предельная высота, на которой могут наблюдаться сумерки, составляет 280 км. Однако, как теперь доказано, газовая оболочка Земли простирается гораздо дальше — до 2000—3000 км, а расположенная еще выше земная корона, состоящая в основном из водорода, ионизованного и нейтрального, лишь на расстоянии трех земных радиусов переходит в разреженный газ межпланетного пространства.

Одно из важнейших свойств атмосферы было известно с незапамятных времен — у человечества накопился огромный опыт, приобретенный во время подъемов на горные вершины: по мере удаления от земной поверхности воздух становится более разреженным и прохладным.

В конце XVIII века английский физик Дальтон высказал предположение, что температура воздуха понижается равномерно, со скоростью 6 °С на каждый километр высоты. Когда это утверждение проверили опытным путем, при помощи воздушных шаров, так и оказалось: температура воздуха медленно и неуклонно понижалась с высотой. Но только на первых десяти километрах. А дальше начиналось непонятное. Тейсеран де Бор, французский метеоролог, одним из первых пославший в небо шары-зонды, снабженные простейшими измерительными устройствами, обнаружил, что на высоте около 10 км падение температуры прекращается. Ученый решил, что это, по-видимому, ошибка, причиной которой является Солнце, чрезмерно нагревающее термометр. Полученные результаты выглядели настолько неожиданными и противоречащими общепризнанным представлениям, что Тейсеран де Бор не рискнул опубликовать их до тщательной проверки. Существовало довольно твердое убеждение, высказанное, в частности, английским метеорологом Дэвисом в 1899 году, что „в верхней атмосфере, чистой и сухой, свободной от облаков и пыли, удаленной от поверхности Земли и недоступной для обычных конвективных движений, должны господствовать низкие температуры, медленно меняющиеся с высотой".

И только после анализа более пятисот полетов шаров-зондов Тейсеран де Бор понял — ошибки нет. Но пока Тейсеран де Бор занимался анализом и перепроверкой своих результатов — а это потребовало у него три года,— к подобным выводам, хотя и на основании гораздо меньшего объема данных, пришел его немецкий коллега Ассман, разделивший с Тейсераном де Бором лавры будущего открытия.

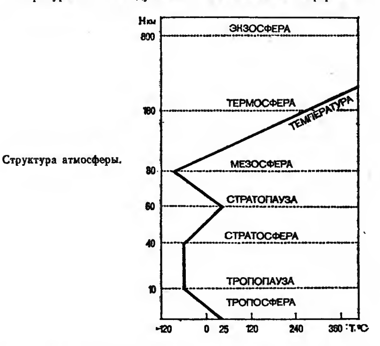
1902 год явился переломным в изучении атмосферы. Открытие Тейсерана де Бора разделило воздушную оболочку планеты на две части — тропосферу, непосредственно прилегающую к Земле, и стратосферу, расположенную над ней.

В течение двух следующих десятилетий выяснилось, что стратосфера не является последней, внешней воздушной оболочкой Земли и с межпланетным пространством непосредственно не граничит. Она простирается лишь до высоты 45—50 км, и за ней следуют еще три воздушных слоя, весьма отличающиеся по своим физическим свойствам, и прежде всего по температуре.

Резкий, напоминавший о близости мирового пространства холод, встретивший первых исследователей стратосферы, на больших высотах неожиданно сменился потеплением, хотя и недостаточным, чтобы расплавить восковые крылья мифического Икара. Начиная с высоты порядка 40 км разреженный

воздух довольно интенсивно теплел. Его температура достигала 10 °С. Но затем температура воздуха опять понижалась, хотя и не столь стремительно, как на первых десяти километрах от уровня моря.

Это означало, что за стратосферой следует еще одна воздушная оболочка, с еще более разреженным воздухом и отличным от тропосферы и стратосферы характером падения температуры. Этот воздушный слой назвали мезосферой. По



Структура атмосферы.

характеру падения температуры мезосфера напоминает тропосферу, но тропосферу более разреженную: в ее верхних слоях атмосферное давление составляет 0,01 мм рт. ст.— не более, чем в баллоне электрической лампочки.

Температура воздуха в мезосфере, как и в тропосфере, сначала падает: ее наиболее низкие значения составляют −70 °С. Но затем, начиная с высоты около 80 км, температура воздуха стремительно растет, достигая в самых верхних слоях земной атмосферы значений 1500—2000 °С.

Этот высокий рост температуры является особенностью следующей за мезосферой оболочки — так называемой термосферы. Возникает вопрос: что означают эти высокие температуры, при которых на Земле плавятся многие металлы? Каким образом в этих условиях искусственные спутники могут совер-

шать свои бесчисленные витки вокруг Земли, а космонавты выходить в открытое пространство?

Дело в том, что на этих высотах воздух весьма разрежен. На Земле подобное разрежение можно получить с помощью хорошего насоса. Хотя плотность его и невелика, а вот средние кинетические энергии молекул и атомов, входящих в его состав, достигают значительных величин. Это происходит потому, что внешние слои атмосферы первыми принимают на себя удар солнечной радиации. Вследствие поглощения части ультрафиолетового и рентгеновского излучения солнечного спектра молекулы и атомы этой среды приобретают дополнительную кинетическую энергию. И высокую температуру термосферы обычно называют кинетической.

За термосферой располагается экзосфера, последний известный на сегодня слой воздушной оболочки Земли. Экзосфера еще более разрежена — атмосферное давление здесь почти в десять миллиардов раз меньше, чем у поверхности Земли, и, как в термосфере, господствуют высокие кинетические температуры.

Поскольку экзосфера непосредственно граничит с межпланетным пространством, из нее возможна утечка газов. Как известно, молекулы и атомы газа находятся в беспорядочном движении, которое в физике называется тепловым. Средние скорости молекул и определяют среднюю температуру газа. С уменьшением плотности газа падает и вероятность столкновения молекул между собой и, следовательно, обмен энергией. Сдерживать движение частиц в экзосфере может только поле тяготения планеты. Если скорость молекул газа превышает 11 км/с, то такие молекулы могут стартовать в околоземное космическое пространство. Частицы с меньшими скоростями остаются в гравитационных объятиях планеты.

Известный английский метеоролог Н. Шоу в 1926 году назвал открытие термической структуры верхней атмосферы самым поразительным во всей истории метеорологии.

А сейчас представьте себе, уважаемый читатель, что вы исследуете планетные атмосферы. Что в первую очередь должно вас заинтересовать? Совершенно верно — пригоден ли воздух планеты для дыхания. Иными словами, химический состав газовой оболочки.

Не правда ли, мы, земляне, испытали определенное удовлетворение, когда узнали, что напоминающая по разреженности нашу стратосферу атмосфера Марса содержит — пусть незначительное — количество кислорода и водяного пара. А атмосфера близкой к нам Венеры оказалась горячей и чудовищно, по земным представлениям, плотной, не пропускающей к поверхности планеты солнечный свет. И в ней плавают облака, содержащие серную кислоту. А какими не только далекими, но и совершенно чужими кажутся нам планеты-гиганты с их густыми метаново-водородными атмосферами...

## Состав атмосферы

Химический состав атмосферы — вот что в первую очередь определяет лицо планеты. Атмосфера Земли состоит в основном из азота и кислорода. Третье место по распространенности в нашей атмосфере занимает аргон. Затем, в порядке убывания, идут углекислый газ, водород, гелий, неон, криптон, ксенон и, наконец, радон. Правда, доля последнего составляет лишь $10^{-18}$ %. И, конечно же, в нашей атмосфере присутствуют водяной пар и окислы углерода.

Но вообще в нашей азотно-кислородной атмосфере можно обнаружить, как и в морской воде, следы едва ли не всех существующих в природе элементов и огромное множество химических соединений. До последнего столетия их источниками были естественные процессы, например вулканическая деятельность. Но теперь состав атмосферы в известной степени определяется и так называемым антропогенным фактором. Деятельность человека, рост промышленных предприятий привели к выбросу в атмосферу нашей планеты огромного множества веществ.

Три четверти массы воздуха планеты сосредоточено в тропосфере.

Азотно-кислородный состав атмосферы, несмотря на убывающую плотность воздуха, остается постоянным до высоты 100 км. Такой результат был получен многочисленными исследователями воздушного океана, шаг за шагом его зондировавшими.

Еще задолго до открытия термической структуры атмосферы ученые пришли к выводу, что не вся солнечная радиация, которая, согласно расчетам, должна попадать на Землю, в действительности достигает земной поверхности. Жесткое, коротковолновое излучение Солнца „теряется" где-то по пути. Предположили, что оно поглощается в приземных слоях атмосферы. И если подняться с соответствующими приборами в горы, то можно надеяться, что граница солнечного спектра продвинется в сторону более коротких волн. Однако фотографирование солнечного спектра в горных условиях не дало ничего нового по сравнению с наземными наблюдениями. Значит, ультрафиолетовые лучи поглощаются в более высоких слоях атмосферы.

В 1880 году английский ученый Хартли установил, что виновником „обрезания" солнечного спектра является озон — особая разновидность кислорода, молекулы которого состоят из трех, а не из двух атомов.

Озон может образоваться из обычного кислорода в результате фотохимического действия ультрафиолетового излучения. При поглощении солнечной энергии молекула кислорода может расщепляться: $O_2 \rightarrow O+O$. Часть этих свободных атомов снова образуют пары $O_2$ — это явление называется рекомбинацией. Но возможен и другой процесс: присоединение атома

кислорода к уже „готовой“ двухатомной молекуле: $O+O_2 \rightarrow O_3$. Озон — весьма нестабильное химическое соединение. Молекулы $O_3$ стремятся „освободиться“ от лишнего кислородного атома, что и происходит со временем. Но грозовые разряды, солнечная и космическая радиация способствуют постоянной генерации озона в атмосфере.

Наблюдения многих ученых прошлого столетия, в том числе известного физика Рэлея, позволили сделать интересный и, как оказалось, фундаментальный вывод: озон не рассеян в атмосфере равномерно, как другие составляющие, начиная от поверхности Земли и вплоть до естественной границы атмосферы. Он заключен в относительно тонком слое, расположенном на высотах от 20 до 50 км над уровнем моря. То есть именно там, где (в результате поглощения ультрафиолетовой радиации Солнца) начинается интенсивный рост температуры. Впоследствии параметры озоносферы не раз уточнялись. По современным данным, озоносфера, как и другие слои атмосферы, обладает собственной структурой, то есть делится на несколько слоев, содержание озона в которых различно. Максимальная концентрация озона приходится на высоты 20—25 км над уровнем моря.

Слой озона благодаря способности молекул $O_3$ поглощать солнечную радиацию определенной энергии действует подобно гигантскому естественному фильтру, не пускающему к поверхности Земли основную часть губительного для всего живого ультрафиолетового излучения.

Озона в земной атмосфере ничтожно мало — около 3 млрд. т (при общей массе атмосферы $10^{15}$ т). А средняя плотность его составляет примерно $10^{-10}$ г/см$^3$. Если этот разреженный и разнесенный на десятки километров по вертикали газ мысленно сжать, то при температуре 0 °C и нормальном атмосферном давлении (760 мм рт. ст.) толщина озоносферы составит всего 4 мм. Однако эта на первый взгляд ничтожная прослойка в тысячекилометровой атмосфере играет роль радиационного щита и делает возможным протекание всех биологических процессов на Земле. Есть все основания считать, что, не будь озона, наша планета могла бы и не стать пристанищем органической жизни.

Выше 100 км над поверхностью Земли состав атмосферы несколько меняется. Хотя азот и кислород по-прежнему преобладают, легкие элементы — водород и гелий — в верхних слоях атмосферы практически отсутствуют: они улетучились в околоземное пространство. Но по своим физическим свойствам эта верхняя азотно-кислородная атмосфера очень сильно отличается от тропосферы — не только благодаря своей крайней разреженности. Верхние слои атмосферы способны проводить электрический ток.

О том, что в атмосфере Земли разыгрываются некие электрические процессы, знали давно. Ломоносов, например, считал, что полярные сияния связаны с электрическими явлениями в

высоких слоях атмосферы. Догадывались и о том, что разреженный воздух верхней атмосферы не является изолятором, как воздух вблизи Земли. Еще в 1878 году Б. Стюарт предположил, что в атмосфере есть слои, хорошо проводящие электрический ток.

В 1901 году итальянский ученый Маркони осуществил радиопередачу через Атлантический океан. Каким образом посланные из Корнуэлла радиоволны обогнули часть земного шара и были приняты в Ньюфаундленде, никому, в том числе и самому Маркони, объяснить не удавалось. Этот опыт заставил многих крупных физиков и математиков того времени заняться изучением распространения радиоволн вокруг сферической поверхности.

Однако явление дифракции полностью не объясняло то огибание Земли радиоволнами, которое наблюдалось в опытах Маркони. Чтобы попасть так далеко от места, где производилась радиопередача, радиоволны должны были отразиться от какого-то достаточно высокого слоя атмосферы и изменить направление своего движения. Подобным „зеркалом", не пускающим радиоволны в мировое пространство и направляющим их обратно к земной поверхности, должен служить проводящий слой воздуха. К такому выводу одновременно пришли еще в 1902 году американец А. Кеннели и английский исследователь О. Хевисайд.

Экспериментальное доказательство эта гипотеза получила лишь в 1925 году, когда в результате специально поставленных опытов удалось наблюдать отражение радиоволн от слоя Кеннели — Хевисайда. Вскоре радиоволны стали довольно удобным средством зондирования атмосферы, так как они проникали на высоты, недоступные ни стратостатам, ни радиозондам, а в некоторых случаях, позднее, даже и ракетам.

Откуда же берется в атмосфере ионизованный слой? Оказалось, что ионосфера (так назвали этот слой), как и слой озона, обязана своим происхождением ультрафиолетовой и корпускулярной радиации Солнца и космическим лучам. Жесткое солнечное и космическое излучение, поглощаясь в верхних слоях атмосферы, вызывает ионизацию воздуха. И поскольку воздух на больших высотах, как мы уже знаем, сильно разрежен, а значит, и столкновения частиц, приводящие к рекомбинации (т. е. к восстановлению), редки, состояние ионизации сохраняется длительное время.

Степень ионизации атмосферы, т. е. количество пар ионов, образованных радиацией в 1 см$^3$, претерпевает изменение с высотой. На высоте 100 км, например, проводимость воздуха * становится в сотни миллиардов раз больше ничтожной, но все же отличной от нуля проводимости воздуха на уровне моря.

* Проводимостью, или электропроводностью, некоторого физического объекта называется величина, обратно пропорциональная его электрическому сопротивлению.

Ионосфера, как выяснилось в последнем десятилетии, обладает внутренним строением: существует несколько слоев с разной степенью ионизации воздуха. Пространственно ионосфера совпадает с термосферой.

Для света ионосфера совершенно прозрачна, кроме, разумеется, того ультрафиолетового излучения, поглощение которого и приводит к ионизации воздуха. Но в радиодиапазоне ситуация резко меняется. Для радиоволн ионосфера подобна гигантской окружающей Землю линзе. Попадающие в ионосферу радиоволны не всегда могут в ней распространяться (это зависит и от длины волны излучения, и от концентрации электронов, т. е. от структуры ионосферного слоя). Пробиться через ионосферу могут только ультракороткие волны. Траектории волн декаметрового диапазона в ионосфере будут искривляться. Такие волны после отражения от ионосферных слоев попадут обратно на Землю. А волны длиной более 20 м вообще не смогут распространяться в слое ионизованного воздуха.

Ионосфера — очень неспокойная оболочка Земли. Она чувствует на себе действие солнечных вспышек, во время которых верхние слои атмосферы бомбардируются потоками корпускулярных частиц, что приводит к ионосферным бурям. На состоянии ионосферы сказываются и периоды солнечной активности. Вообще, стоит Солнцу опуститься за горизонт, как радиослушатели отмечают изменение характера радиосигналов. В одних диапазонах усиливаются помехи, в других — сами радиосигналы. Причина этих явлений — временное исчезновение солнечной радиации и, как следствие, уменьшение степени ионизации атмосферы.

Кстати, атмосферная ионизация резко падает и при солнечных затмениях.

Если жизнь на Земле обязана своим существованием озону, то технический прогресс цивилизации, во всяком случае в его современном варианте, во многом определяется ионосферой. Однако и озоно-, и ионосфера являются результатом действия на атмосферу Земли солнечного излучения — истинного „виновника" и жизни на Земле, и того эволюционного пути, по которому пошла наша планета.

Но среди многочисленных оболочек, окружающих Землю, можно назвать одну, совершенно особую, занимающую то же пространство, что и тропосфера, гидросфера и поверхность земной коры. Это биосфера, та область земного шара, которая вмещает в себя жизнь.

По современным представлениям, биосфера — это единство живого и вовлеченного в сферу жизни неживого вещества.

Биосфера включает в себя вещество, которое живым не назовешь, но которое является непосредственным продуктом деятельности живого вещества,— это так называемое биогенное вещество, представляемое каменным углем, торфом, сланцами. К биосфере относится и то, что создано живыми орга-

низмами совместно с неживой природой. Например, атмосфера.

В истории земной атмосферы четко прослеживаются два периода: добиологический и биологический. Предполагают, что первичная атмосфера Земли, а возраст планеты, как известно, оценивают в 4,5 млрд лет, состояла из смеси водяного пара, метана, окиси и двуокиси углерода, аммиака. Ее главная особенность — почти полное отсутствие кислорода, если не считать небольшого количества, которое могло возникнуть либо при фотолизе воды (т. е. при ее расщеплении под действием солнечного света), либо при ее термическом разложении на водород и кислород.

Возникновение биосферы относится к периоду, отделенному от нашего двумя миллиардами лет. Основным процессом, который привел к возникновению биосферы и который в течение последующего времени является ответственным за ее существование, современная наука считает фотосинтез.

В широком смысле слова фотосинтез — это протекающая под действием солнечного света химическая реакция, в результате которой из простых химических соединений возникают более сложные. В упрощенном варианте под фотосинтезом понимают происходящий в зеленых растениях под действием солнечного света биологический процесс, в ходе которого из воды и углекислого газа образуются разной степени сложности органические вещества.

Главная особенность фотосинтеза — выделение свободного кислорода — не только положила начало цепной реакции жизни, но и определила, по крайней мере на следующие 2 млрд. лет, судьбу атмосферы третьей планеты Солнечной системы.

Само возникновение и развитие на Земле растительной жизни совершенно изменило состав воздушной оболочки планеты, причем за довольно короткий, по космическим масштабам, срок. На обогащение атмосферы кислородом ушло „всего" несколько сот миллионов лет. И дальнейший характер эволюции нашей планеты определялся в первую очередь биосферой.

О масштабах биологического круговорота можно судить по следующим цифрам. Было подсчитано, что весь кислород атмосферы „проходит" через живые организмы за 2000 лет. Углекислому газу для „полного оборота" требуется всего три столетия. И лишь аналогичный цикл для всей воды планеты длится около 2 миллионов лет.

Все это позволяет считать биосферу не только неотъемлемой, но и вполне „законной" частью планеты, неизбежным результатом ее эволюции.

В эволюции органического мира на Земле отмечают несколько этапов. Первый из них связан с возникновением самой биосферы, второй — с появлением, в результате усложнения структуры жизни, многоклеточных организмов. Третий этап

характеризуется появлением на Земле человека разумного. Однако разумная жизнь оказалась разрушительным фактором, ограничивающим возможности дальнейшего развития биосферы. Со временем, как заметил В. И. Вернадский, жизнь стала ведущим фактором геологического развития Земли; ныне размах геологической деятельности человека сравним по масштабам с естественными процессами — а это не может не сказаться на состоянии биосферы.

Установлено, что количественный состав атмосферы — на современном этапе развития на Земле жизни разумной, т. е. на третьем этапе существования атмосферы, определяемой антропогенными факторами,— не может оставаться постоянным.

Прежде всего, выявилась тенденция к убыванию свободного кислорода из атмосферы. Статистика говорит о том, что за последние полвека атмосфера Земли потеряла приблизительно 0,02 % свободного кислорода. Основной процесс, ведущий к незначительному (пока!) убыванию атмосферного кислорода,— это горение, сжигание топлива.

Как известно, около 99 % атмосферного кислорода имеет биогенное происхождение и атмосфера планеты обогащалась кислородом относительно быстро только по космическим часам, но отнюдь не по земным. А сейчас темпы потребления кислорода несколько превосходят скорость его воспроизводства. В год человечество расходует столько кислорода, сколько вырабатывается в процессе фотосинтеза за 3000—4000 лет. И если такая тенденция будет продолжаться, не исключено, что через столетие исчезнет две трети свободного кислорода.

Атмосферу Земли поджидает не только убывание кислорода. Параллельно идет увеличение содержания в ней углекислого газа. За период с 1860 по 1960 год концентрация углекислого газа в атмосфере возросла на 10 %, к концу второго тысячелетия ожидается возрастание содержания $CO_2$ еще примерно на 25 %. А это, если учитывать способность молекул углекислого газа поглощать инфракрасное излучение, может привести к глобальным изменениям климата.

По какому же пути пойдет развитие нашей планеты? Одним из важнейших свойств биосферы считается ее способность к саморегулированию. Это означает, что биосфера — в определенных пределах — может противостоять внешним воздействиям. Большинство ученых считают, что земная атмосфера вступает в новый — антропогенный — период своего развития.

Уместно вспомнить слова академика А. П. Виноградова: „У нас не остается надежды встретиться с биосферой на других планетах Солнечной системы. Тем более мы ответственны перед будущими поколениями людей за биосферу нашей планеты".

Другие планеты, другие звездные системы... Они были очень далеко... И чтобы достичь их, надо было преодолеть не

только не укладывающиеся в созиании расстояния, не только холод мирового пространства, но и прежде всего воздушный океан собственной планеты.

# Глава II
# «ВИЖУ ЗЕМЛЮ!»

### Счастье свободного полета

Первые попытки человека подняться в воздух строились по образу и подобию птиц — в расчете на силу мускулов, на искусственные крылья. Но, прежде чем человек смог действительно полететь, ему пришлось научиться плавать по воздуху. Уже более двухсот лет назад известно было явление, позволяющее подниматься в воздух, не уподобляясь птице. Родоначальниками современного воздухоплавания считают обычно французов братьев Жозефа и Этьена Монгольфье, которые пришли к мысли, что если „заключить в легкий сосуд газ с меньшим удельным весом, чем атмосферный воздух“, то этот сосуд может подняться вверх.

5 июня 1783 года огромный шар, сделанный из плотной бумаги и заполненный горячим дымом, на глазах у толпы зрителей торжественно отправился в свое первое путешествие.

Однако есть все основания предполагать, что первая попытка подъема на летательном аппарате типа воздушного шара была сделана за полвека до изобретения братьев Монгольфье. Сохранились сведения о том, что в 1731 году в Рязани „подьячий Нерехтец Крякутной фурвин заделал как мяч большой, надул дымом поганым вонючим, от него сделал петлю, сел в нее, и нечистая сила подняла его выше березы, и после ударила о колокольню, но он уцепился за веревку, чем звонят, и остался жить“. Хотя все это происходило не в средние века, смельчаку чудом удалось избежать сожжения на костре. И этот опыт, позволивший человеку на мгновение оторваться от Земли, стал лишь воспоминанием.

Среди предшественников братьев Монгольфье обычно называют и португальского ученого Варфоломея Лоренца де

Гусмао, который, по свидетельству современников, 8 августа 1709 года продемонстрировал в Лиссабоне, в резиденции короля, возможность подъема в воздух на аппарате типа воздушного шара. Однако из страха перед инквизицией ученый не смог продолжить свои опыты с летательными аппаратами.

Очень часто бывает — в наше, насыщенное информацией время тоже,— что между идеей и ее практической реализацией лежат годы, десятилетия. Но как только был создан первый летательный аппарат легче воздуха — монгольфьер, дальнейшие события стали развиваться столь стремительно, как будто с изобретением воздушного шара появилась другая, более сжатая шкала времени.

Тем же летом 1783 года соотечественник Монгольфье физик Шарль запустил шар, заполненный не горячим дымом, а самым легким газом — водородом. Так появился непосредственный предшественник аэростата.

В богатом событиями 1783 году состоялся и первый полет человека на воздушном шаре. Над Землей поднялись французский естествоиспытатель Пилатр де Розье и его спутник маркиз д'Арлан. И хотя первый мировой рекорд высоты составил всего 300 м, стало ясно: человек больше не нуждается в крыльях. А точнее... он их обрел.

„Ничто не может сравниться с тем удивительным состоянием, когда я покинул Землю. Это было не удовольствие, это было счастье". Так писал изобретатель аэростата профессор Шарль после своего первого полета, состоявшегося 1 декабря 1783 года.

Воздушный океан делал едва ли не каждого, в нем побывавшего, поэтом.

„Облака лежали далеко подо мной, а вверху было синее, почти кобальтовое небо. Частицы пыли, делающие солнечный свет белым, остались внизу, чистый и редкий воздух создавал эту великолепную окраску..." (капитан Грей).

„...мне показались одною минутою четыре часа, проведенные в воздушном путешествии...

...Я считаю одним из величайших удовольствий в жизни, когда, отделяясь от земли, на значительном от нее расстоянии, могу охватить одним взором часть земной поверхности на многие десятки тысяч квадратных верст. Перед нами как будто разостлана живая карта со всеми мельчайшими подробностями, которые мы видим с полной отчетливостью, воздух так прозрачен, что все предметы кажутся близкими, но только в миниатюрном виде" (академик М. А. Рыкачев).

„...Нашему зрению представляется изумительная картина: вокруг Солнца мы наблюдали радужное сияние и по концам перпендикулярных диаметров, вертикального и горизонтального,— ложные солнца, как бы разом пять солнц...

Душа отдыхает — мы выбрались из мирской суеты и мчимся в беспредельную даль голубого неба" (П. Федосеенко).

Все это будет сказано и написано позднее. А природа требовала суровую плату за право прикасаться к ее тайнам. Первый воздухоплаватель Земли открыл и список жертв воздушного океана. Летом 1785 года Пилатр де Розье погиб при попытке перелететь на воздушном шаре через Ла-Манш.

## Первые разведчики воздушного океана

Не только эмоции, не только радость встречи с неизвестным и непосредственное психологическое восприятие нового заставляли человека подниматься над Землей. Практически сразу после своего зарождения воздухоплавание стало мощным средством исследования атмосферы.

Физик Шарль, впервые сказавший о счастье свободного полета, взял с собой барометр и термометр. На максимальной высоте (около 3400 м) его термометр показал всего 8,8 °С, хотя на земле было значительно теплее. Знал ли Шарль о том, что еще тремя десятилетиями ранее русский ученый М. В. Ломоносов, обладавший удивительным даром предвидения, утверждал, что „самая верхняя часть атмосферы много меньше от Солнца нагревается, нежели нижняя"?

Воздушный океан встретил человека весьма неприветливо. Холодное дыхание разреженного воздуха испытали на себе все исследователи. В течение первых полутора столетий подъемы совершались в открытой гондоле. Потом догадались брать с собой теплое снаряжение (даже грелки).

Уже на высотах порядка 5 км воздухоплаватели замечали признаки „горной болезни" — упадок сил, стесненность дыхания, носовые кровотечения. Все это усугублялось холодом и недостатком кислорода. В этом отношении особенно показателен полет Гастона Тиссандье, состоявшийся в апреле 1875 года.

...На высоте 7000 м стало настолько холодно, что с трудом удавалось вести дневник полета. Когда аэростат достиг 8000 м, аэронавты потеряли сознание. Тиссандье пришел в себя, когда аэростат опустился до 6000 м. Затем сбросили балласт, и Тиссандье снова потерял сознание. „В 3 часа 30 минут я снова открыл глаза, чувствуя слабость и головокружение. Шар опускался со страшной быстротой... Мои товарищи лежали на дне гондолы мертвые".

За каждый новый отвоеванный у воздушного океана километр высоты приходилось жестоко расплачиваться. Высота 8600 м, взятая Тиссандье и его погибшими в полете спутниками Сивелем и Кроче-Спинелли, долгое время оставалась рекордной.

Одна из первых серьезных метеорологических программ при подъемах на воздушных шарах была реализована в России. Инициатива полета принадлежала академику Т. Е. Ловицу. Для участия в полетах был приглашен известный бельгийский воздухоплаватель Э. Робертсон, в 1803 году поднявший-

ся на высоту более 7000 м н пробывший в воздухе около пятн с половнной часов, что явилось рекордом длнтельности полета. Однако научные результаты Робертсона (завышенные значення температуры воздуха, характер изменения с высотой земного магнетизма) вызывали большие сомнення и довольно скоро былн опровергнуты. Незадолго до полета академнк Ловнц тяжело заболел, и полет было поручено провестн академику Я. Д. Захарову.

30 июня 1804 года над Петербургом с плаца первого Кадетского корпуса поднялся аэростат, в гондоле которого находнлнсь Робертсон и Захаров. Академик Захаров очень тщательно готовнлся к полету. Он пнсал: „Главный предмет сего путешествия состоял в том, чтобы узнать с большей точностью о физическом состояннн атмосферы и о составляющих ее частях". Для этой цели ученый предполагал проделать целую серию экспериментов. В зрительную трубу он наблюдал за Землей. Для изучения „летания птнц" на высоте былн взяты в полет, а затем выпущены иесколько чнжей. На высоте 2550 м (макснмальная высота, которой удалось достичь в этом полете) Захаров „сделал наблюдення над самим собой, над электрнческим веществом и магнитом". Захаров наблюдал распространенне звука в атмосфере и отраженне его от Земли, в полете были взяты пробы воздуха. Только „беспрерывное понижеине шара, в продолжение опытов происходнвшее", было причниой того, что воздушное путешествне, к огорчению Захарова, прншлось окончить. В 22 часа 45 мнвут Робертсон посаднл аэростат в 60 км от Петербурга.

Этот полет пронзвел большое впечатление на научную общественность всего мира. Вскоре после полета русского ученого Парижская академня наук по предложению знаменнтого астронома Лапласа тоже организовала воздушную экспеднцию. Полет состоялся в августе того же 1804 года. Французские физнкн Ж. Гей-Люссак и Ж. Био, поднявшнеся на высоту 4000 м, обнаружнли при помощн взятого с собой гигрометра, что с увеличеннем высоты влажность воздуха падает.

В следующем своем воздушном путешествии, совершенном в одиночестве, Гей-Люссак достиг высоты 7014 м. Он нашел, что на этой высоте температура воздуха нннже, чем у поверхности Землн, почти на 18°. „...я чувствовал холод, особенно в руках, которые нечем было укрыть... Пульс и дыханне были очень ускоренные... Еще до подъема у меня начала болеть голова, вероятно, от усталости накануне и иочей, проведенных без сна..." Гей-Люссак, как н Захаров, бравшнй пробы воздуха на разлнчных высотах, после возвращення на Землю установнл, что состав воздуха, несмотря на разреженность, не меняется с высотой. В научном мнре этот результат сначала вызвал некоторое недоверне (сказалась, по-виднмому, популяриость Робертсона, утверждавшего, что „в высшнх сферах остается один пар и иет атмосферного воздуха"). Кроме того, Гей-Люссаку удалось доказать, что земной магнетнзм тоже не

меняется с высотой, и тем самым опровергнуть оказавшиеся ошибочными данные Робертсона.

Интерес к проблемам научного воздухоплавания был настолько велик, что многие выдающиеся ученые, даже если их научные интересы и не лежали непосредственно в области метеорологии, стремились принять личное участие в полетах. Подъемами на воздушных шарах интересовались такие известные ученые, как Л. Эйлер, еще в 1783 году давший первый научный расчет аэростата, Ш. Лавуазье, Б. Франклин, Д. И. Менделеев, который одним из первых выдвинул идею герметичной гондолы. Известный астроном и талантливый популяризатор науки К. Фламмарион неоднократно поднимался на воздушных шарах, изучая влажность воздуха и условия образования облаков. „...я решил, что было бы полезно найти возможность поближе рассмотреть механизм образования туч, движение воздушных токов, физическое состояние различных слоев воздуха — словом, переносясь в атмосферический мир, наблюдать его в постоянной и разнообразной деятельности...— писал К. Фламмарион.— Мои двенадцать полетов были совершены при разных атмосферических условиях — и ночью, и днем, и утром, и вечером, при облачном небе и при ясном..."

Аэронавт-метеоролог, один из организаторов английской метеорологической службы, Дж. Глейшер (его рекордом была девятикилометровая высота) определил закономерность убывания температуры с высотой — явления, характерного, как мы уже знаем, только для тропосферы.

Прошло более 60 лет после исторического полета академика Захарова, прежде чем полеты на воздушных шарах стали систематическим и регулярным средством исследования атмосферы в России. Программа воздушных экспедиций была разработана Российским обществом любителей естествознания.

Одним из первых после Я. Д. Захарова поднялся в свободную атмосферу (в мае 1868 года) метеоролог М. А. Рыкачев (впоследствии академик, директор Главной физической обсерватории). Знакомство с известным воздухоплавателем Дж. Глейшером, по словам М. А. Рыкачева, сильно подействовало на него. „...мысль, что эти поднятия дают возможность добывать драгоценные научные сведения из неведомого мира...— писал ученый,— возбудила во мне желание и самому сделать при случае такие воздушные путешествия".

Наибольшее впечатление у М. А. Рыкачева оставил полет 20 мая 1873 года. Именно тогда он написал: „...мне показались одною минутою четыре часа, проведенные в воздушном путешествии... пока мы плыли в воздухе, я успел сделать 94 наблюдения по барометру, термометрам и гигрометру». За полетом Рыкачева следили из Пулкова, Кронштадта и Петербурга. Эти наблюдения позволили уточнить высоту, на которую поднялся аэростат (4046 м).

В 1880 году по инициативе М. А. Рыкачева и Д. И. Менделеева был создан Воздухоплавательный отдел Русского техни-

ческого общества. „...изучение строения атмосферы и законов, управляющих ее движениями,— говорил М. А. Рыкачев на его открытии,— объяснение причин всех явлений, в ней происходящих, исследование вообще ее физических свойств и роли, которую она играет в жизни планеты,— вот задачи первостепенной важности..."

При содействии вновь созданного отдела, который возглавил М. А. Рыкачев, были организованы десятки полетов.

С 1885 года в работе Воздухоплавательного отдела принял участие молодой офицер М. М. Поморцев, с именем которого позднее будет связано становление отечественной аэрологии. Многие полеты на аэростатах на рубеже веков происходили с участием Поморцева.

Каждый подъем Поморцев считал физическим опытом, совершаемым в обширной лаборатории природы. Анализ предпринятых русскими аэронавтами 40 воздушных путешествий, проведенный в 1891 году М. М. Поморцевым, позволил ученому утверждать, что аэростат является „единственным и прекрасным средством изучения законов строения и движения атмосферы"; и далее: „...аэростат является зондом, который может пронизывать, следуя вверх и вниз по воле аэронавта, всю доступную для человечества толщу атмосферы".

Выдающийся русский химик Д. И. Менделеев, интересовавшийся процессами, происходящими в атмосфере, в возрасте пятидесяти трех лет лично поднимался на аэростате, чтобы наблюдать солнечное затмение 1887 года. Предполагалось, что сопровождать Д. И. Менделеева в полете будет опытный воздухоплаватель А. М. Кованько. Однако из-за большой влажности воздуха подъемная сила аэростата, уже подготовленного к старту, уменьшилась и двух аэронавтов поднять в воздух было невозможно. Откладывать же полет, специально приуроченный к столь редкому астрономическому явлению, было бы бессмысленно. И Менделеев, ни разу до того времени не поднимавшийся в воздух, принял решение лететь одному. Полет, в ходе которого удалось подняться на высоту более 3000 м, длился около трех часов. Оставив позади облачный покров, ученый мог изучать солнечное затмение, а затем, когда оно кончилось, заняться метеорологическими наблюдениями.

Д. И. Менделеев писал: „Если бы мой полет... послужил бы к возбуждению интереса метеорологических наблюдений с аэростатов внутри России, если бы он, кроме того, увеличил общую уверенность в том, что летать на аэростатах можно с удобством даже новичку, тогда бы я не напрасно летал по воздуху...".

Воздухоплавание в России становилось все более и более популярным. В 1891 году состоялся первый выпуск русских офицеров-воздухоплавателей. С 1897 года под редакцией М. М. Поморцева стал издаваться журнал „Воздухоплавание и исследование атмосферы".

Если в 1890 году Воздухоплавательным отделом было организовано 15 научных полетов, то в 1910 году их число превысило 90. 1910 год был особенно богат рекордами: в начале сентября воздухоплаватель С. И. Одинцов, пробывший в воздухе 40 часов 03 минуты, установил всероссийский рекорд длительности полета. А спустя 11 дней при участии известного ученого в области аэронавтики профессора Н. А. Рынина был поставлен национальный рекорд высоты (6400 м).

Тремя годами раньше, в 1907 году, русские воздухоплаватели доказали возможность перелета на аэростате озера Байкал, используя направление потоков воздуха над озером.

Начавшаяся первая мировая война на время приостановила свободные полеты в атмосферу.

После Великой Октябрьской социалистической революции возобновились свободные полеты на аэростатах. Подъем первого советского аэростата „III Интернационал" был произведен с Красной площади 27 июля 1920 года. В этом полете аэронавты достигли высоты 4850 м. Подъем двух аэростатов 8 апреля 1921 года был использован для наблюдения солнечного затмения.

К пятой годовщине Октября был приурочен уже сотый свободный полет в атмосферу. И наконец, в 1925 году опытный воздухоплаватель П. Ф. Федосеенко и ученый с мировым именем директор Главной геофизической обсерватории профессор А. А. Фридман установили новый рекорд высоты.

О профессоре А. А. Фридмане, математике, физике, не побоявшемся спорить с таким авторитетом, как А. Эйнштейн, авторе теории расширяющейся Вселенной, говорили, что он любит полет во всех его видах. И на всех летательных аппаратах своего времени — самолетах, аэростатах, дирижаблях — его привлекала роль не только пассажира, но и пилота. Летать он начал еще до первой мировой войны, когда состоял физиком при Аэрологической обсерватории и участвовал в полетах на дирижабле при подготовке наблюдений за предстоящим солнечным затмением. Летом 1916 года Фридман получил звание летчика-наблюдателя. Говорили, что он был и неплохим пилотом.

А. А. Фридман считал необходимым организовать в Советской России, а точнее, возобновить ставшие традиционными для отечественной метеорологии высотные исследования атмосферы. Первый полет аэростата был назначен на 18 июля 1925 года. Пилотировать аэростат было поручено П. Федосеенко, наблюдателем от Главной геофизической обсерватории был ее директор, профессор Фридман. Одной из задач полета было перекрытие отечественного рекорда высоты — 6400 м, установленного еще в 1910 году Н. А. Рыниным. Но, конечно, полет был организован не только ради рекорда. Профессора Фридмана интересовали в первую очередь характер, форма и движение облаков, образование вихрей в атмосфере. Было взято солидное метеорологическое оборудование: высотомеры, ртут-

ный манометр, психрометр Ассмана, два компаса, термометры, фотоаппараты, бинокли. Каждую тысячу метров предполагалось отмечать серией медицинских экспериментов. На борту находились и так называемые чашки Петри с питательным бульоном — на случай встречи с микроорганизмами на больших высотах.

Главную часть специального снаряжения составлял жидкий кислород, запаса которого — 1000 л — должно было хватить на два-три часа пребывания в разреженной атмосфере.

Однако в тот день, на который назначили полет, погода оказалась не особенно благоприятной. Утром 18 июля небо было покрыто дождевыми облаками. А к моменту полета, как писал А. А. Фридман, „погода окончательно испортилась, стал накрапывать мелкий дождь, облака опустились, и утро наступило туманное, серенькое...".

И все же полет не отложили. Если прорваться сквозь облачный слой, оставив под собой этот по-осеннему неприятный дождик, то будет и солнце, а направление ветров, по данным шаров-пилотов, не грозило аэростату попасть за границу или в море.

Три часа прорывался аэростат через мощный слой облаков, прежде чем над гондолой оказалось спектральной синевы небо.

На высоте 6000 м пришлось „подкрепиться" кислородом — высота давала себя чувствовать сонливостью, апатией, учащенным пульсом. Самое простое действие, по наблюдениям Фридмана, требовало напряжения воли. На этой же высоте, когда аэронавты решили выпустить из мешков немного кислорода, чтобы понизить давление внутри них, раздался оглушительный взрыв и аэростат окутали клубы дыма. Но когда дым рассеялся, оказалось, что лопнул мешок с кислородом. В первую минуту потеря кислорода не очень огорчила экипаж — опасались худшего. Но в дальнейшем это привело к сокращению программы полета.

Температура −20 °С, воздух сильно разрежен, без кислорода уже не обойтись. Но Фридман отказывается в пользу пилота — кислорода на борту оказалось мало. Именно пилоту, считает профессор, необходимо максимально сохранить силы, чтобы управлять аэростатом. Однако, видя полубессознательное состояние ученого, Федосеенко насильно заставляет его дышать кислородом. Поддерживая друг друга, пилот и пассажир продолжают наблюдения.

„Картина, развернувшаяся перед нами, восхитительна...— писал А. А. Фридман.— Над ровным облачным полем возвышались высокие белые холмы ослепительно сверкавших на солнце облаков. Между облачными холмами воздух был сплошь заполнен ледяными кристалликами, переливающимися на Солнце всеми цветами радуги. Казалось, что все эти кристаллики исходят из одного блестящего яркого центра; сначала мне показалось, что мы видим явление электрического

порядка, и мне стало не по себе, тем более, что на горизонте была видна огромная грозовая башня в виде наковальни..."

Федосеенко и Фридман все же достигли 7400 м и пробыли на высоте более 7000 м в течение двух часов. После возвращения в одном из интервью профессор Фридман сказал, что, если бы не взрыв кислорода, аэростат мог бы достичь рекордных высот, на которые поднимались лишь немногие аэростаты во всем мире.

Ограниченный запас кислорода заставил пилота приступить к снижению. Спуск проходил медленно, со скоростью 1,5 м/с. И только в 17 часов 31 минуту путешествие, длившееся почти десять с половиной часов, закончилось в глухой деревушке, расположенной в Новгородской области, в 100 км от железной дороги.

«Теперь, когда пережитое... отодвигается в мрак прошлого,— писал Фридман,— я думаю: „Полечу ли еще?" — и отвечаю себе определенно: „Конечно, полечу". И хотя иронический голос шепчет мне: „От хорошей жизни не полетишь", но мне иногда кажется, что и от хорошей жизни летают».

Увы, этот полет был последним для А. А. Фридмана. Спустя два месяца тяжелая непродолжительная болезнь оборвала жизнь талантливого ученого. Уже после его смерти в журнале „Хочу все знать" вышла статья „На высоте 7400 метров", в которой ученый рассказывал о своем полете. „Слишком много в полете необыденных, исключительных по своей силе и остроте ощущений! А для ученого слишком много возможностей проникнуть ближе за завесу, покрывающую тайны природы".

## Человек в стратосфере

Полеты на аэростатах в низких слоях атмосферы со временем стали делом довольно привычным, даже необходимым элементом тренировки будущих летчиков. В журнале „Воздушный флот" за 1924 год можно было прочесть: „Хороший летчик должен быть отличным пилотом-аэронавтом... Нет более увлекательного спорта, чем полеты на воздушном шаре, когда плавно и бесшумно с течением ветра поднимаетесь в заоблачную высь..."

Известный советский воздухоплаватель Н. Г. Стобровский писал о том, что пилотаж на аэростате, помимо личных качеств — находчивости, быстрой сообразительности,— требует от пилота хорошей подготовки по метеорологии и знания в каждом данном случае физических условий атмосферы.

И если сравнивать воздухоплавание со спортом, то полеты человека за пределы тропосферы, как и покорение высочайших горных вершин, были редкими, немногочисленными, достаточно дорогими и тщательно подготовленными экспедициями. И если полеты в тропосферу исчислялись тысячами, то стратосферные полеты можно было пересчитать по пальцам

и они предъявляли особые требования и к конструкции аэростатов, и к самой организации полета, иначе путешествия в безоблачное царство разреженного воздуха могли стоить воздухоплавателям жизни.

Из двадцати девяти подъемов на воздушном шаре английского метеоролога Дж. Глейшера самым знаменитым считается тот, что состоялся 5 сентября 1862 года, когда аэростат, возможно, поднялся в стратосферу. Оговорка „возможно" не случайна, ибо в тот момент, когда аэростат достиг своего „потолка", и сам Глейшер, и пилот Г. Коксуэлл находились без сознания. Удивляться не приходилось — аэронавты поднимались в открытой гондоле.

Сначала полет проходил нормально. Однако постепенно и холод, и разреженность воздуха сказались на самочувствии аэронавтов. Последние наблюдения удалось сделать на высоте 8840 м, которая долгое время оставалась непревзойденной. А далее Глейшер потерял сознание и, по его словам, „уснул таким сном, который чуть не перешел в вечный". Однако шар продолжал подниматься. Глейшер допускал, что аэростат мог достигнуть высоты 11 300 м. Наконец Коксуэлл, тоже совершенно обессиленный и обмороженный, открыл выпускной клапан зубами и подъем приостановился... Только кислородные маски спасли Глейшера и Коксуэлла от удушья.

Однако этот полет как стратосферный, если пользоваться современными терминами, засчитан не был.

Первыми людьми, достигшими стратосферы, считаются немецкие исследователи Берсон и Зюринг. 31 июля 1901 года аэростат „Пруссия" поднял их на высоту 10 800 м. История повторилась. Стратосфера встретила человека крайне неприветливо.

Как рассказывал впоследствии профессор Зюринг, до высоты 8000 м все шло благополучно. Выше 8000 м оба воздухоплавателя, как и их предшественники, почувствовали себя усталыми — полет происходил в открытой гондоле. Когда аэростат преодолел десятикилометровый рубеж, усталость была настолько сильной, что Зюринг потерял все силы и не мог двинуть рукой. Берсон тоже чувствовал себя плохо, но у него хватило сил дотянуться до веревки, при помощи которой открывался клапан. После этого оба исследователя потеряли сознание. Лишь когда шар опустился ниже 10 000 м, Зюринг и Берсон пришли в себя и смогли управлять аэростатом.

Штурм стратосферы удалось продолжить лишь спустя более чем четверть века. 4 мая 1927 года американский пилот капитан Грей достиг высоты 12 945 м. И тоже в открытой гондоле. На максимальной высоте Грей попал в настоящее царство холода: −55 °C зарегистрировал его термометр. Конечно, Грей основательно подготовился к штурму высоты: два кислородных баллона и электрическая грелка для подогрева вдыхаемого кислорода, радиопередатчик, статоскоп (прибор, позволяющий определять скорость подъема и спуска), альти-

метр, приборы для сбрасывания балласта, специальный высотный костюм (мехом наружу, с оленьей шкурой внизу и двумя слоями тяжелого сукна между ними) и, наконец, кислородная маска, напоминающая, по словам капитана Грея, военную газовую каску. „Этот полет был 107-м из совершенных мною. Я имел достаточно опыта, чтобы снарядить себя в путь наилучшим образом... При следующем своем полете... надеюсь достигнуть 13 100 метров..."

Этой надежде, увы, сбыться не удалось. Следующий, 108-й, полет, состоявшийся 4 ноября 1927 года, оказался для капитана Грея последним. Как показали записи в бортовом журнале, Грею не удалось улучшить свой прежний рекорд. И, хотя полет проходил без осложнений, во время слишком медленного спуска был израсходован весь запас кислорода и пилот погиб от удушья.

Спустя год испанский воздухоплаватель Бенито Молас, поднявшийся на аэростате „Испания" на высоту 11 000 м, повторил судьбу капитана Грея. Через несколько часов после старта „Испания" плавно опустилась на Землю. Мертвый пилот сжимал зубами резиновую трубку, ведущую к преждевременно опустевшему кислородному баллону...

Печальный опыт убедил — поднимаясь в открытой гондоле, нельзя покорить стратосферу. Нужна герметичная гондола или специальный высотный скафандр. Эта мысль была не нова. Более того, еще в первой половине XIX века она обсуждалась фантастами. Эдгар По в своей книге „Беспримерные приключения некоего Ганса Пфооля" выдвигал идею герметично закрытой кабины для подъема человека на воздушном шаре.

Ученые тоже создали ряд проектов герметичных гондол — один из первых был предложен французом Тридоном в 1871 году. О необходимости создания герметичной, воздухонепроницаемой гондолы писал и Д. И. Менделеев.

Первая герметичная гондола из алюминия была построена в 1925 году военно-воздушным управлением США. Она была рассчитана на пребывание в ней одного человека в течение часа. Гондола имела вид цилиндра с дверью, позволяющей в случае необходимости быстро покинуть кабину. Балласт из свинцовой дроби, заполнявший пространство между дном гондолы и полом кабины, мог сбрасываться автоматически. Управление стратостатом тоже осуществлялось изнутри. Не исключено, что подобная гондола была сконструирована для целей военной разведки. Во всяком случае, о ее полетах ничего не сообщалось в печати.

### Научный подвиг профессора Пиккара

Новый этап в завоевании стратосферы был связан с именем швейцарского ученого Огюста Пиккара.

„Мы предприняли этот полет не для того, чтобы побить ре-

корд. Это можно было сделать и лучше, и легче без научных приборов",— писал Пиккар. Но рекорд тоже был нужен науке. Профессор Пиккар собирался решить в своем полете загадку космических лучей. К этой теме мы еще вернемся.

Средства для постройки первого в мире стратостата с герметичной гондолой были выделены Пиккару Бельгийским национальным фондом для научных исследований, в честь которого и назвали стратостат — „FNRS".

Подъемная сила стратостата „FNRS" позволяла рассчитывать на достижение шестнадцатикилометровой высоты. Герметичная, выполненная из алюминия гондола была оборудована устройствами, позволяющими возобновлять запас кислорода в полете. Научное оборудование в основном было предназначено для изучения космических лучей.

Первый старт „FNRS", назначенный на 26 мая 1931 года, пришлось отложить. Сильный ветер, поднявшийся на рассвете, сбросил гондолу с тележки. При этом несколько приборов разбилось.

Старт состоялся лишь на следующий день. Наполненный газом баллон удерживало в ожидании команды 64 человека. В 3 часа 58 минут отпустили канаты, связывающие аэростат с Землей, и огромный, грушевидный, достигающий 55 м в высоту баллон неудержимо пошел вверх. Подъем был настолько быстрым, что уже через 25 минут аэронавты достигли высоты 15 000 м. Максимальная высота этого полета составила 15 782 м.

Внутри разгерметизированной (из-за падения перед стартом) гондолы образовался иней и падал в виде снежинок с потолка гондолы. Давление внутри гондолы стало падать. При помощи пакли и вазелина герметичность гондолы удалось восстановить. Записи в бортовом журнале начались только спустя час после старта. С измерениями космических лучей тоже пришлось повременить — аварийная ситуация. Пиккар и его ассистент Кипфер были заняты ремонтом гондолы и оборудования. Вот фрагменты из бортового журнала.

„5 час. Один из аппаратов со сжатым кислородом разбит. Теперь мы можем работать только с жидким. Медленно летим вдоль реки Лех.

5 ч. 37 м. ...Давление в кабине постоянное. Все хорошо.

6 ч. 18 м. Инея в кабине больше нет. По стенкам стекает конденсационная вода. Температура внутри +16 °С.

6 ч. 35 м. Неприятное открытие. Клапанная веревка запуталась за одну из строп. Не знаю, как мы сможем открыть клапан. Если его открыть не удастся, придется спускаться лишь вечером...

8 ч. 42 м. Опасаемся, что из-за невозможности управления клапаном спуск будет ускоренным. Решаем запаковать все тяжелые предметы... Пока же опасности нет, хотя, может быть, и придется оставаться в стратосфере 15 часов...

10 ч. 10 м. ...Солнце нагревает черную стенку кабины *. Внутри ее температура +38 °С. Разбился ртутный барометр".

Это создавало уже серьезную опасность: пролившаяся ртуть могла разъесть алюминиевую оболочку гондолы. К счастью, ртуть удалось откачать за борт. Но на этом испытания, которым подвергались Пиккар и Кипфер, не кончились.

„10 ч. 25 м. Пришлось раздеться до пояса. Очень жарко. Опустились метров на 300...

16 ч. 13 м. ...Солнце кажется белым диском...

16 ч. 30 м. Мы в стратостате находимся уже 12 часов и не можем спуститься...

16 ч. 40 м. Спасены... Аэростат опускается..."

Обнаружена еще одна щель в гондоле.

Запас кислорода только на четыре часа... А спуск протекает изматывающе нервы медленно...

Разбился еще один ртутный барометр. Ртуть может разъесть алюминиевую обшивку...

Нужно подготовиться к темноте. Починить лампу, у которой оборван провод и в суматохе старта потеряна гайка.

Только бы не опуститься в море...

Видна луна. В гондоле темнеет...

Сильная жажда заставляет стратонавтов пить конденсационную воду, стекающую со стенок остывающей кабины...

Спуск ускоряется, но все же очень медленно...

Высота 9000 м. Внизу Альпы.

Спасены!..

Они приземлились в 21 час 21 минуту, после почти 18-часового воздушного путешествия, на высоте 2500 м над уровнем моря. Утром к месту спуска стратостата прибыли альпийские стрелки и корреспонденты. Оболочку шара удалось свернуть в длинный рулон и перенести в долину. Тяжелую, плотно вдавившуюся в снег гондолу временно оставили в горах.

Спустя год состоялся новый полет „FNRS". Оболочка стратостата использовалась вторично. Гондола же была новой, более прочной и усовершенствованной. Цели полета — рекордная высота и новая информация о космических лучах — оставались неизменными.

Старт, как и при первом полете „FNRS", из-за сильного ветра назначался дважды.

Второй полет „FNRS", во время которого Пиккар и его новый спутник Козинс установили мировой рекорд высоты (по уточненным при помощи наземных наблюдений данным, он

* Одна половина гондолы «FNRS» была выкрашена в черный цвет, другая оставлена белой. Предполагалось, что черная сторона, поглощая солнечные лучи, будет обогревать кабину. Однако из-за неполадок в полете стратонавты не смогли пользоваться двигателем, периодически ориентирующим очередную половину кабины по Солнцу.

составил 16 370 м), не был таким напряженым, как полет 27 мая 1931 года. Медленый, со скоростью всего 1,5 м/с, подъем... Великолепные виды за бортом.

„У нас много работы и мало времени для ее выполнения",— записал О. Пиккар в бортовом журнале.

Беспокоил только холод. Если в своем первом полете Пиккар и Кипфер страдали от жары, то теперь аэронавтов преследовал холод. К семи часам утра температура на дне гондолы упала до −5 °С. Спустя пять часов термометры показывали −15 °С. Профессор Пиккар писал: „Мы сильно зябнем, но убеждение, что мы достигли высоты большей, чем кто-нибудь мог достичь до нас, все компенсирует".

В 17 часов „FNRS" благополучно опустился в Италии.

Профессор Пиккар работал и над проектом третьего полета. Именно третий полет — вблизи северного магнитного полюса Земли, на тридцатикилометровой высоте,— должен был пролить, по мнению Пиккара, свет на проблему космических лучей.

Однако следующий полет в стратосферу — тоже рекордный — был совершен советскими стратонавтами.

### Подготовка к новым стартам

В начале 30-х годов в нашей стране решено было приступить к широкому и всестороннему изучению стратосферы. Полета первого советского стратостата ждали с нетерпением, к нему готовилась вся страна. Понимали, какое огромное научное значение имеет этот расширяющий горизонты мира шаг. Организаторы полета знали, что только тщательная подготовка на строго научной основе может гарантировать успех. Были извлечены суровые уроки из всей истории „летающего человечества: от Икара до Пиккара". Вообще говоря, имя швейцарского стратонавта было своего рода притчей во языцех. Летать стремились выше, чем Пиккар,— это естественно — и лучше, чтобы избежать тех досадных неудач и ошибок, которые преследовали профессора Пиккара в его путешествиях в стратосферу. Много думали и о том, как обеспечить безопасность и старта, и спуска. Необходимо было решить сложнейший комплекс технических задач.

Рекордно короткий срок потребовался для того, чтобы подготовить к старту сразу два высотных стратостата. К 1933 году в результате напряженной работы научной общественности Ленинграда проект первого советского стратостата был готов.

Расчетный потолок этого стратостата, построенного по инициативе Ленинградского отделения Осоавиахим и в его честь названного „С-ОАХ-1" *, составлял 20 км. Объем его

* В печати этот стратостат называли также и «Осоавиахим».

оболочки, изготовленной из прорезиненной двухслойной баллонной материи, достигал в наполненном состоянии 25 000 м³.

Металлическая гондола имела сферическую форму и была оплетена сеткой, с помощью которой она и подвешивалась к оболочке. Гондола первого советского стратостата была выполнена из сваренных между собой стальных листов.

Чтобы получить необходимую при сварке прочность, пришлось провести около двухсот опытных сварок. Когда приступили к окончательной сварке гондолы, выполнявшие это ответственное задание студент-сварщик Гольтер и жестянщик Рябинин проработали около 68 часов в тесной гондоле объемом около 7 м³ и диаметром 2,4 м.

Как писала газета „Красная звезда", когда „опытная гондола была готова и прошла жесткие испытания, когда налитая в нее вода под большим давлением распирала ее тонкие стенки, листы и сварные швы остались невредимыми".

Большинство приборов для оснащения стратостата пришлось создавать заново. Это означало бессонные ночи — ведь стратостат строили на общественных началах. Хотя бессонные ночи при подготовке к полетам и перед стартом — это удел всех, кто стремится к новым высотам.

Конструктор гондолы А. Б. Васенко отмечал, что при строительстве стратостата очень важно было обеспечить газонепроницаемость гондолы и прочность всей конструкции. „Все материалы для изготовления стратостата подверглись большому числу испытаний, оболочка и отдельные ее детали испытывались при условиях, как нормальных, так и близких к условиям полета в стратосфере, т. е. при низких и высоких температурах, на действие ультрафиолетовых и космических лучей, на влияние активного кислорода и т. д.»

Для производства научных измерений и аэросъемки в гондоле были предусмотрены специальные окна, не нарушающие ее герметичность.

Среди многочисленного научного оборудования гондолы обращает на себя внимание анероид — прибор для измерения давления. Анероид сигнализирует о разгерметизации кабины, и тогда при помощи газонепроницаемой замазки можно быстро заделать щель. Барограф автоматически регистрировал давление в кабине. На пилотной доске размещались хронометр, микробарометр, который начиная с высоты 10 000 м указывал расстояние от уровня моря с точностью до 20 м. Маленький бароскоп с точностью до 0,5 м определял, куда движется стратостат, вверх или вниз. А шкала альтиметра, созданного советскими учеными, была рассчитана на 22 км.

Все понимали, что изучение стратосферы нельзя ограничить одним броском. Одновременно с ленинградским стратостатом в Москве строился еще один стратостат.

Расчеты и конструкция оболочки стратостата „СССР" были выполнены инженером К. Д. Годуновым — одним из участников полета. Прежде всего требовалось создать прочную,

легкую, газоиепроницаемую ткаиь. Миогие сомневались, что можно получить баллонную ткаиь лучше и прочиее, чем у Пиккара. Но с этой задачей справились специалисты завода „Каучук". Оболочка стратостата „СССР" объемом 24 000 м³ весила 950 кг, оболочка „FNRS" — 800 кг, ио ее объсм (14 000 м³) был значительно меньше.

Проект гондолы и ее техиическое воплощеине осуществлялись под руководством московского иижеиера В. А. Чижевского. Для создания гондолы тоже использовались отечествеиные материалы, прекрасио зарекомеидовавшие себя как при испытаниях, так и в полете. Гоидола из кольчугалюмниия была выкрашеиа в иебесно-голубой цвет, на котором четко выделялись алая пятиконечная звезда и иадпись „СССР". Внутреинюю поверхиость кабииы обтягивал войлок — для предохраиеиия экипажа от резких колебаний температуры. В восьми отсеках гоидолы располагались приборы, а девять ее окон позволяли смотреть вверх, в сторонı и вииз, на Землю.

Решено было сиабдить гоидолу особым посадочным устройством, которое, по мысли ннжеиеров, должно было выполиить две функции: во-первых, амортизировать удар прн посадке и, во-вторых, служить подставкой, когда шарообразиая гондола иаходилась на Земле. Этот амортизатор-подставка был выполнен нз ивовых прутьев.

Легкая даже иа взгляд н компактиая гондола напоминала неземной, иавеяниый, быть может, „Аэлитой" А. Толстого корабль. И даже сейчас, спустя полвека, фотографии этой гондолы ассоцинруются с более поздним образом — спускаемым аппаратом космического корабля. Гондола стратостата „СССР" и была именио таким спускаемым аппаратом — одним из первых в истории человечества.

Рассказывали, что, когда гоидола ждала своего старта иа заводе имени Менжинского, ее осматривали самые неожидаиные гости и посетители: писатели и артисты, врачи и члены правительства, иикогда раиее там ие бывавшие. На их лицах была написаиа какая-то особая детская радость.

При подготовке к полетам обоих советских стратостатов очень большое виимание уделялось научиой программе. Аиализ результатов профессора Пиккара заставил специалистов с горечью призиать: эти трудиые и опасные воздушиые экспедиции ие дали иауке практически ничего нового. Заслуга профессора Пиккара в другом — в изобретеиии и разработке самого стратостата, т. е. аэростата с герметически закрытой кабиной, рассчитанной на достижеине больших высот. Типичный ученый-одиночка, каким был Пиккар, не смог в трудиейших условиях полета иадлежащим образом поставить научиые эксперименты и иаблюдения. В результате полеты профессора Пиккара остались в истории в осиовном как воздухоплавательные рекорды. Это тоже учитывалось при подготовке „СССР" и „С-ОАХ-1". Первые советские стратостаты должны были стать и первыми стратосфериымн лабораториями.

Научное руководство полетом стратостата „СССР" было поручено Главной геофизической обсерватории. Для быстрой и всесторонней подготовки программы полета дирекция ГГО привлекла своих ведущих специалистов.

Полетное задание первых советских стратостатов формулировалось так: исследование космических лучей, определение химического состава воздуха на больших высотах, изучение электрических свойств атмосферы, измерение температуры, давления и влажности воздуха, направления и скорости ветра в стратосфере; магнитные и радионаблюдения, измерение солнечной радиации, фотометрические наблюдения неба и Земли и, наконец, серия работ, связанных с аэронавигацией.

4 сентября 1933 года в газете „Ленинградская правда" был опубликован рапорт строителей Центральному Комитету и Ленинградскому областному комитету ВКП(б), в котором говорилось:

„...усилиями и творческим энтузиазмом рабочих и инженерно-технических работников города Ленина закончена постройка первого советского стратостата...

Подготовлен состав научно-летного экипажа, прошедший длительную тренировку управления стратостатом и приборами в условиях герметически закрытой гондолы.

...Первый советский стратостат, целиком построенный на ленинградских заводах и в ленинградских лабораториях, успешно прошел испытания и готов к полету в стратосферу".

Однако были все основания считать, что Ленинград — не самое удачное место для старта высотной экспедиции. Сильные воздушные течения могли вынести стратостат за границу или в район Финского залива, что создавало определенную опасность для экипажа при спуске. Поэтому в сентябре 1933 года стратостат „С-ОАХ-1" был перевезен в Москву. Первым получил разрешение на полет стратостат „СССР".

## На штурм стратосферы

„Это было зрелище захватывающего, почти космического величия. В сияющем рассветном небе, в кометных хвостах прожекторов вращались летучие шары, осиянные фиолетовыми лучами; где-то внизу в нарастающем тумане копошились крохотные фигурки людей. Чудовищная махина оболочки медленно и неуклонно надувалась над слоем мглы и росла, росла, словно выпертая из недр Земли какими-то титаническими силами, похожая на громадный протуберанец, ударивший в небо, взброшенный и застывший..." Так описывают подготовку к старту первого советского стратостата А. Гарри и Л. Кассиль в своей книге „Потолок мира".

Командиром стратостата „СССР" был назначен опытный аэронавт Георгий Прокофьев. Второй член экипажа, инженер Константин Годунов, один из конструкторов баллона страто-

стата, тоже чувствовал себя в воздухе как в своей стихии. Вот что рассказывал Годуиов журналистам перед полетом: „Я так много летаю, что даже н дома давно волиоваться бросилн, н к стратостату отиеслись также спокойио... Тут, поимаете, никакое не геройство, с моей точкн зреиня, а просто уверенность, что все обстоит в порядке..."

Не геройство, а увереиность — это качество очеиь характерио для иижеиера и учеиого: увереииость в точиости формул, в правнльиости выводов, иадежиости расчетов. Кстатн, присутствовавшие прн подготовке к полету журналисты отмечали эту особую уверенность в победе у экипажа „СССР", сочетание глубокой предусмотрительности н полного бесстрашня, иаучиой точности и веселой отваги.

Третнй участник экспеднцин в стратосферу, ннжеиер Эриест Бнрнбаум, должеи был нсполиять в полете обязаниостн радиста.

Еще 1 сентября 1933 года было все готово к старту, ждали только погоды. Дождь, тумаи, облачность, глубокая, глухая, сплошная. Невеселые сводки метеорологического бюро. Нужно было иабраться терпения: полет стратостата — это не заоблачная прогулка.

Наконец радостиое известне: метеорологн обещали „приличную погоду" днем 24 сентября. Подготовку к полету иачали иакануие. Произведена последияя проверка приборов. Доставнли баллоиы с жндкнм кнслородом н патроны для очищеиия воздуха в гондоле. И, наконец, ответствеииый момент — наполненне оболочки водородом.

Но в ту ночь, когда на освещенном прожекторами аэродроме готовнлся нсторнческий старт, на землю опустнлся густой непроглядный туман. Влага сразу же утяжелнла оболочку стратостата почтн на 600 кг. Решилн облегчить стратостат за счет балласта, но балласта ие хватнло, отправляться же в полет без него означало лншить стратостат маиевреииости при спуске. Оболочка стратостата нз-за этого злосчастного тумаиа потеряла почти половину своей грузоподъемности. Лететь было бессмыслеиио. Водород нз оболочкн пршшлось выпустнть...

Новую подготовку к старту назиачнлн через пять дией. Низкий иочной туман и чнстое, полное звезд небо предвещали хорошнй деиь. Все находнвшнеся иа аэродроме чувствовали себя в преддвернн нсторического событня.

И вот первые лучи солнца осветнлн 75-метровую громадину баллоиа. Последняя проверка бортовой аппаратуры. Специальная комиссня по определенню высоты полета запечатывает металлнческнми пломбамн метеорографы и барографы.

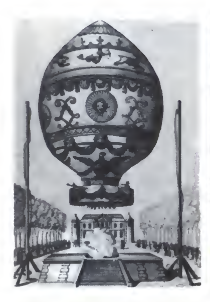
Последнне рукопожатия.

Комаида стратостата закрывает за собой люк гондолы.

В небо взлетает гирлянда воздушиых шаров — это разведчикн погоды, радиозонды профессора Молчаиова.

Наступила особая предстартовая тишнна.

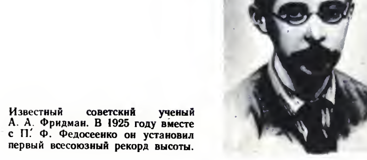
Первый полет воздушного шара братьев Монгольфье.



Первые аэронавты Пилатр де Розье и д'Арланд на борту монгольфьера.

Водородный аэростат профессора Шарля.

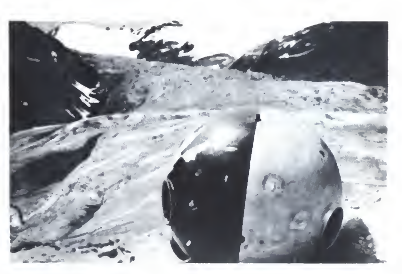
**Полет Коксуэлла и Глейшера.**



**Известный советский ученый А. А. Фридман. В 1925 году вместе с П. Ф. Федосеенко он установил первый всесоюзный рекорд высоты.**

Профессор Огюст Пиккар готов к полету в стратосферу.

Стратостат «ФНРС-1» перед стартом.



**Гондола «ФНРС-1» после приземления иа ледике.**

**«ФНРС-2» иа стартовой площадке.**

Командир стратостата «СССР» Георгий Прокофьев.

Член экипажа стратостата «СССР» инженер Эрнест Бирнбаум.

Член экипажа стратостата «СССР» инженер Константин Годунов.

Испытание на прочность оболочки стратостата «СССР».

Гондола стратостата «СССР».

Стратостат «СССР» перед стартом.

Экипаж «Осоавиахима» — Павел Федосеенко, Андрей Васенко, Илья Усыскин.

Стратостат «Осоавиахим» готов к полету.

Стратостат 30-х годов в полете.

Стратостат «Эксплорер-1» терпит катастрофу в стратосфере.

«Эксплорер-2» перед стартом.

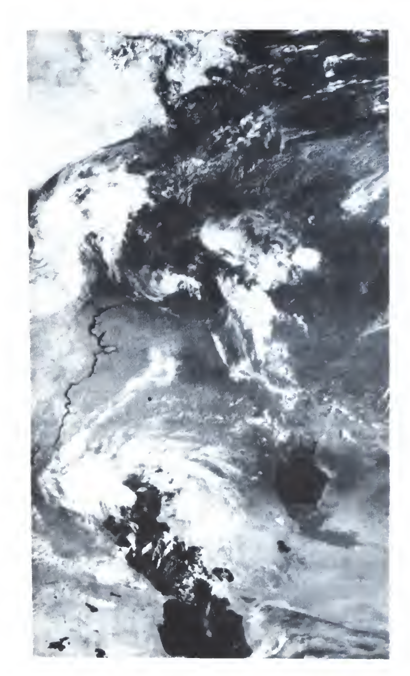
Стратостат «Мэнхай-2», достигший высоты 31 000 метров.

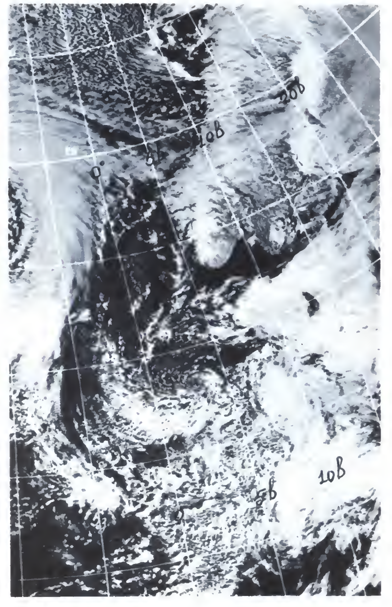
Советская астростанция в иижних слоях атмосферы.

**Исследовательский стратостат СССР «ВР-62».**

**Изобретатель первого в мире радиозонда. П. А. Молчанов.**

Наша планета из Космоса.





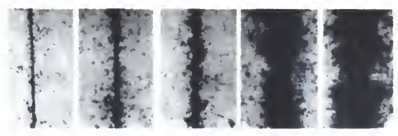

**Фрагменты земной поверхности, сфотографированные с ИСЗ системы «Метеор».**

Профессор Л. В. Мысовский.

П. А. Молчанов и С. Н. Вернов у космического радиозоида. 30-е годы.

«Звезды» в ядерной фотоэмульсии — результат взаимодействия космических лучей с атомными ядрами (микрофотография).

Автор открытия радиационных поясов Земли академик С. Н. Вернов.



**Зарегистрированные при помощи ядерной фотоэмульсии тяжелые ядра, входящие в состав первичного космического излучения.**

**Крабовидная туманность — остаток взрыва сверхновой, наблюдавшегося на Земле в 1054 году.**

В 8 часов 40 мнnут прозвучал прнказ выпустнть стратостат. Уже через пять мннут после старта Эрнест Бнрнбаум передавал на землю: «Говорнт „Марс“! Высота 2000 метров».

Помнnте полный драматнзма полетный дневнnк профессора Пнккара? А вот фрагменты нз бортового журнала экипажа „СССР“.

„8 час. 59 мнн. Высота 6000 метров. Вндимость прекрасная. Радно работает. Все в порядке. Незабываемая н необычайная картнна развернулась под намн, когда мы поднялнсь на большую высоту... Летчнк в стратосфере не заблудится. Орнентнровка на этнх высотах нсключнтельная...“

«9 час. 08 мнн. Говорнт „Марс“! Высота 12 кнлометров. Наружная температура $-60°$».

В ответной радиограмме Землн говорнлось:

«9 час. 11 мнн. Прннял вас. Хорошо слышно. Желаю успеха. Как работают кнслородные прнборы в кабнне? Как думаете взять потолок? Не особенно увлекайтесь. Не рискуйте».

«„Марс“: „9 час. 17 мнн. Бнрнбаум не вндит показателей прнборов. Он занят радно. Мы с Годуновым первые поздравили друг друга: „Рекорд высоты профессора Пнккара побнт!“.

...Мы уверены, что поднимемся еще выше.

9 час. 19 мнн. Давленне 70 мм. Высота по альтнметру 17 000 метров. Стратостат ндет вверх. Скорость подъема 2,5—3 м/сек. В кабнне та же тншнна. Каждый нз нас переживает торжественный момент. Но нам некогда, мы заняты наблюденнямн...

Высота 17 500 метров... Мы достнглн зоны равновесня. Наружная температура $-46°$. Температура внутрн гондолы $+14°$. Скорость подъема 1 м/сек».

Из Москвы стратостат можно было вндеть невооруженным глазом. На улнцах собнралнсь огромные толпы людей.

«Слышали?
Слышали?
Слышали?
Вылетел....
Восемь утра...
Лучше Пиккара,
но выше ли?
Слышалн?
Выше!
— Ура!...»

Этн строкн посвятнл экнпажу „СССР-1“ поэт А. Безыменскнй.

В 12 часов 50 мннут поступнло новое сообщенне от „Марса“.

«Высота 19 кнлометров... Достнглн потолка. Передайте наш рапорт: „...Экнпаж первого советского стратостата выполнил поставленную перед нnм задачу н сообщает о благополучном завершенни подъема стратостата „СССР“ на высоту 19 тысяч

метров (по прнборам). Экипаж готов к дальнейшей общей работе по овладению стратосферой"».

Теперь нужио было думать о посадке.

«13 час. 57 мин. Мы пошлн вннз. Вндимость по-прежнему прекрасная.

15 час. Давлеине 75 мм. Высота 16 000 метров. Спуск проходит иормальио...».

На высоте 10 500 м начали готовнться к встрече с Землей.

«Решаем разрядить батареи. Напряженне 750 вольт. Это для облегчения безопасности спуска, чтобы впопыхах кто-нибудь не схватился за провода высокого напряжения.

...Годунов н Бнрнбаум отсоедняют нанболее тяжелые предметы, предназначенные для нспользовання в случае необходимости как балласт».

На высоте 8000 м радносвязь со стратостатом была прервана. А в 5 часов вечера „СССР" мягко прнземлнлся на берегу Москвы-реки вблизн Коломны.

Командир стратостата Г. Прокофьев впоследствнн рассказывал:

«На землю селн так удачно, что даже ни одной погнутостн нлн царапиины гоидола не получила. Она плавно опустнлась на амортизаторы... Матернальиая часть в таком состоянин, что полет можио совершнть при налнчни первой хорошей погоды.

Вылезаем из кабнны. Мы довольиы н горды сознаннем выполненного долга. Обнимаемся и поздравляем друг друга с победой.

Через несколько мннут к нам бегут рабочие Коломны и колхозники окружающнх деревень. Нас поздравляют...».

Роднна высоко оценнла подвнг покорнтелей стратосферы. Экнпаж стратостата и те, кто готовил этот уникальный полет, былн награждены орденами Ленина н Боевого Красного Знамени.

О научных результатах рекордного полета говорили долго. Пробы воздуха, взятые на высоте 18,5 км над Землей, показали, что состав воздуха в стратосфере такой же, как и в более ннзкнх слоях атмосферы: кислород составляет 20,95 %, азот — 78,13 %, благородные газы — 0,92 %. Экипажу „СССР" удалось внести свою лепту и в решенне проблемы космическнх лучей: ннтенснвность космического излучения возрастала иа высоте 17 км почтн в 200 раз относительно уровня моря. Этн экспернменты еще раз подтвердили гнпотезу, уже два десятилетия обсуждавшуюся фнзнкамн,— космнческие лучн возникают далеко за пределамн Землн.

Одиако было ясно, что однм броском в стратосферу не ограннчнться: нужны новые полеты. И к старту готовнлся новый советский стратостат.

## Командируется в стратосферу

Из одиннадцати претендентов на участие в полете нужно было выбрать трех стратонавтов, которые займут места в кабине стратостата „Осоавиахим“. Кто же эти люди, которым был доверен ответственный полет в стратосферу?

Лицо командира корабля Павла Федосеенко, смотрящего с пожелтевших газетных страниц, кажется удивительно знакомым. Наверное, потому, что это типичное русское лицо. А может быть, и потому, что ясный прищуренный взгляд, открытая солнечная улыбка вызывают в памяти образ другого первопроходца — Космонавта-1.

Юность Павла Федосеенко совпала с годами гражданской войны. Добровольно вступив в ряды Красной Армии, он участвовал в боях против Петлюры, Деникина, Врангеля. Молодой командир был награжден орденом Красного Знамени, именным оружием и золотыми часами.

Вскоре имя летчика Федосеенко стало хорошо известно не только в нашей стране, но и за ее пределами. Это он устанавливал рекорды продолжительности полета на аэростатах в 1922, 1926, 1927, 1931 и 1933 годах. Это он завоевал первый приз на первых всесоюзных воздухоплавательных соревнованиях в 1924 году. А в 1925 году вместе с Александром Фридманом установил всесоюзный рекорд высоты (7400 м). И наконец, незадолго до полета в стратосферу Федосеенко стал обладателем мирового рекорда по продолжительности полета на аэростате.

Не менее внушителен и перечень тех учебных заведений, которые Павел Федосеенко успешно окончил. Это и курсы пилотов-аэронавтов, и курсы пилотов воздушных кораблей, и высшие авиационные академические курсы. В 1932 году Федосеенко досрочно и с отличием окончил Военно-воздушную академию имени Жуковского и факультет дирижаблестроения Комбината гражданского воздушного флота.

Андрей Васенко, по современной терминологии, бортинженер корабля „Осоавиахим“, писал: „Особенно ответственная и трудная работа выпадает на долю пилота стратостата, который помимо знаний обычного пилота должен быть прекрасно знаком со всеми деталями конструкции, ее особенностями и условиями полета в стратосфере».

Смелость испытателя — это качество особого рода, это как бы высшая математика смелости. Триста лет человечество знает законы движения. В наши дни каждый школьник может рассчитать движение тела по окружности. Но лишь около шестидесяти лет назад русский военный летчик Петр Нестеров после тщательно выверенных расчетов заставил свой самолет описать в воздухе „мертвую петлю“, каждой клеточкой своего существа давая экспериментальное доказательство законов механики.

И когда членом экипажа „Осоавиахим“ стал влюбленный в небо конструктор воздухоплавательных аппаратов Андрей Васенко, это было закономерно.

Интерес к воздухоплаванию, к физике верхней атмосферы возник у Васенко давно, еще в гимназические годы, когда он впервые познакомился с трудами К. Э. Циолковского. Этот интерес, которому суждено было пройти через всю жизнь Васенко, привел его на специальный факультет Петроградского института инженеров путей сообщения. Дипломный проект А. Васенко, разработанный под руководством профессоров Н. А. Рынина и П. А. Молчанова, назывался „Перспективы исследования атмосферы при помощи дирижабля“. Это был проект летающей лаборатории — управляемого воздушного корабля малого объема, приспособленного для оперативной разведки погоды. В 1927 году бывший боец Красной Армии инженер-конструктор А. Васенко включился в работу над проектом воздушного корабля для полета в верхние слои атмосферы. Расчеты летательных аппаратов, их создание, испытания... И снова эксперименты... Лекции по математике и аэрологии. Доклады о необходимости исследования атмосферы. И так до весны 1933 года, когда по решению Ленинградского совета Осоавиахим было начато строительство первого советского стратостата. Все материалы о полетах профессора Пиккара были тщательно изучены. Но сведения о технической стороне полета, о конструктивных особенностях герметической гондолы, поступавшие в печать, были крайне скудными. И это означало, что путь в стратосферу должен быть пройден самостоятельно.

Формально это называлось будничным словом „командировка“. В архиве ленинградского Физико-технического института АН СССР хранится узенькая полоска бумаги. На ней всего несколько строк машинописного текста:

УДОСТОВЕРЕНИЕ

Выдано научному сотруднику И. Д. Усыскину в том, что он командируется в гор. Москву для участия в полете в стратосферу.

Самому молодому члену экипажа „Осоавиахим“ физику Илье Усыскину не пришлось с оружием в руках защищать молодую Советскую республику. К моменту полета ему исполнилось всего 23 года. Но жизнь его, короткая и яркая, как след метеорита, достойна того, чтобы о ней знали и помнили.

Воспоминания людей, работавших в Физико-техническом институте, обычно начинались словами. „Это был замечательный человек!“ Но чтобы одному из первых лететь в стратосферу, надо быть еще и хорошим специалистом. И он был им. В архиве Физико-технического института удалось найти еще один документ, который сделал бы честь многим начинающим исследователям. „Тов. Усыскин является весьма талантливым молодым ученым, вполне подготовленным для научной рабо-

ты, а потому считаю нецелесообразным дальнейшее продление для него срока аспирантуры",— писал научный руководитель Ильи В. Е. Лошкарев. Спустя тридцать пять лет действительный член АН УССР В. Е. Лошкарев вспоминал: „С таким учеником было приятно работать на равных. Самостоятельность мышления сочеталась в нем с трудолюбием, изобретательность с талантливостью. Нет, это не был гений, но гений мог из него получиться".

Говорят, талант физика-экспериментатора полностью раскрывается годам к тридцати — сорока. Илье было немногим более двадцати, когда он стал соавтором исследования, выполненного на уровне лучших работ своего времени. С помощью дифракции электронов было определено пространственное распределение протонов в кристаллической решетке нашатыря. Американские физики, двадцать лет спустя подтвердившие эти результаты, выразили свое восхищение экспериментальной виртуозностью советских коллег.

В 1933 году Физико-технический институт принял участие в научном оснащении стратостата „Осоавиахим". Основная научная задача полета определялась так: исследование изменения интенсивности космической радиации с высотой. В институтских лабораториях физики измеряли радиацию с помощью камеры Вильсона. Этот сложный и громоздкий прибор, созданный еще на заре ядерной физики, регистрировал процессы, происходившие при столкновении космической частицы с атомными ядрами. Камера, которую решено было установить в гондоле стратостата, прежде всего должна быть малогабаритной.

Для подготовки к полету в Физико-техническом институте создали группу, куда вошли И. Усыскин, Н. Рейнов и Ю. Козлов. И если камера Вильсона в облегченном варианте была создана всего за полгода, то во многом этому способствовал энтузиазм Ильи, его, по словам очевидцев, сумасшедший темп работы. Доктор физико-математических наук Н. М. Рейнов впоследствии вспоминал: «Илья был душой нашей группы. Свой день он расписывал по минутам. Неизвестно, когда он спал, потому что за делом его видели всегда. Кроме основной работы по созданию камеры Вильсона, он ездил на завод, где под руководством А. Васенко строилась гондола, изучал воздухоплавательное дело; вместе с пилотом Павлом Федосеенко участвовал в полете на воздушном шаре, проводил тренировки в барокамере Военно-Медицинской академии... Мы чувствовали поддержку всего Ленинграда. Когда участники полета уезжали в Москву, откуда должен был стартовать стратостат, комсомольцы привезли на вокзал запасной баллон с водородом. „На всякий случай"... Было много теплых слов... думали ли мы об опасности? Нет, мы мечтали прославить советскую науку...».

Предполагалось, что вслед за стратостатом „СССР" поднимется в воздух и „Осоавиахим". Но погодные условия осени

1933 года вынуждали отложить полет до весны. Тогда П. Федосеенко обратился с рапортом в Центральный совет Осоавиахима. Он доказывал, что полет в стратосферу может состояться и зимой. Это тоже будет первый в мире эксперимент подобного рода. Центральный совет Осоавиакима поддержал Федосеенко, и, к радости экипажа, полет назначили на 30 января 1934 года — во время работы XVII съезда партии.

В 9 часов 07 минут 30 января стратостат „Осоавиахнм" стартовал над Москвой. Спустя девять минут Земля приняла первую радиограмму: «Говорит „Сириус"! Высота 1600 метров. Прошли облака. Температура минус трн градуса». Однако, как выяснилось, бортовая радиостанция работала с перебоями. „Сириус" не слышал Земли.

Стратостат продолжал набирать высоту. 15 000 м...19 000 м... „Осоавиахим" пошел на штурм двадцатого километра.

Сквозь помехи и шорохи эфира пробивался голос командира Федосеенко: «Говорит „Сириус"! Время сейчас 11 часов 16 минут. Высота по альтиметру 20 500 метров..». В 11.42 была достигнута высота 20 600 м, перекрывающая все мировые рекорды.

В 11.59 была принята последняя радиограмма „Сириуса", после чего связь со стратостатом прекратилась. На Земле наступило тягостное ожидание. Волнение усиливалось тем, что плотный облачный слой не позволял наблюдать за полетом стратостата. В ночь на 31 января стало известно, что стратостат разбился вблизи города Саранска в Мордовии, в 450 км от места своего старта. Для расследования причин катастрофы выехала комиссия, куда входили профессор П. А. Молчанов, пилот Г. А. Прокофьев и ряд других лиц.

События, развивавшиеся после приема последней радиограммы, удалось восстановить по сохранившимся записям стратонавтов.

Боевое, уверенное настроенне, как установила комиссия, не покидало экипаж стратостата нн на минуту.

В 12 часов 33 минуты была достигнута предельная высота 22 000 м. А в 12.45 стратостат пошел на снижение. Однако огромный баллон „Осоавиахима" еще в течение двух часов плавал в стратосфере. Когда стратостат наконец пошел вниз, его подъемная сила быстро падала. И в конце концов он развил такую скорость (до 20 м/с), что часть креплений гондолы к оболочке не выдержала. Гондола стремительно вращалась, и ее рывки обрывали уцелевшие крепления. Однако стратонавты этого не видели. Когда же увидели, предпринимать что-либо было поздно. В 16 часов 13 минут рукой А. Васенко была сделана последняя запись: „Альтиметр 12 000". Спустя десять минут глухой удар о холодную растрескавшуюся землю превратил гондолу в груду металла. Найденные на месте катастрофы часы, принадлежавшие Васенко, показывали 16 часов 23 минуты..

Морозным февральским днем 1934 года кремлевская стена

приняла на вечное хранение урны с прахом стратонавтов, погибших на боевом посту науки. Тысячи москвичей, все делегаты проходившего в те дни XVII съезда партии вышли на Красную площадь, чтобы проводить в последний путь тех, кто впервые в мире увидел нашу планету с высоты 22 000 м.

Вместе с нашей страной скорбело о гибели стратонавтов все прогрессивное человечество.

„Судьба трех советских исследователей стратосферы, побивших новый мировой рекорд высоты, представляет собой современный вариант древней темы о полетах Икара... Их имена... будут отмечены в списках тех, кто во имя подвига не останавливался ни перед чем и, потеряв жизнь, добился бессмертия“ (США).

„До тех пор, пока человеческая отвага будет вызывать уважение и восхищение, имена погибших советских ученых останутся в памяти человечества“ (Япония).

Полпреду СССР в Париже была передана телеграмма, подписанная Пиккаром, Козинсом, Кипфером: „Мы глубоко потрясены гибелью стратостата. Просим Вас передать Вашему правительству выражение нашего искреннего соболезнования“.

От имени американских воздухоплавателей Т. Сеттль выразил уверенность, что советская авиация будет продолжать систематическое изучение стратосферы.

## Покоренная стратосфера

В середине 30-х годов высоты, достигнутые профессором О. Пиккаром и его спутниками, оказались уже „пройденным этапом“. И, хотя рекорды довольно часто обновлялись, по-прежнему каждый новый полет в стратосферу воспринимался как событие глобального значения. Особенно насыщены полетами были 1933 и 1934 годы.

Летом 1933 года готовился к старту американский воздухоплаватель Томас Сеттль на высотном аэростате собственной конструкции „Век прогресса“. Первый подъем 4 августа оказался неудачным. Через десять минут после старта Т. Сеттль вынужден был приземлиться из-за неисправности клапана. В следующем полете, состоявшемся 20 ноября 1933 года, Т. Сеттль и сопровождавший его майор Ч. Форденей достигли высоты 18,6 км, лишь немного не дотянув до рекорда советских стратонавтов.

Этот полет происходил на редкость спокойно. Радиосвязь с Землей поддерживалась до тех пор, пока не пришлось выбросить за борт в качестве балласта, для предотвращения слишком быстрого спуска, батареи, питающие радиопередатчики.

Еще один успех американского воздухоплавания отметили в октябре 1934 года, когда на высоту 17 500 м поднялись Жан-Феликс Пиккар, брат профессора Огюста Пиккара, принявший американское подданство, и его супруга Жаннетт, одна

из немногих женщин-аэронавтов. Среди приборов, взятых в полет, были специально сконструированные американскими физиками В. Суонном и Р. Милликеном ионизационные камеры со свинцовым экраном, предназначенные для исследования космических лучей. И действительно, измерения интенсивности космического излучения, сделанные супругами Пиккар, представляли большой интерес, поскольку они позволяли судить о характере излучения, падающего под различными углами к горизонту.

Весной 1937 года Жан-Феликс Пиккар объявил о своем намерении подняться на специально сконструированном стратостате на высоту 30 000 м. Вместо одного баллона он решил использовать связку воздушных шаров, что должно было, по его мнению, обеспечить новому стратостату достаточную подъемную силу.

Постройку стратостата, названного его изобретателем „Плеяда", финансировал центр научных изысканий в Рочестере. Гондола, сделанная из алюминия, имела форму ящика, в отличие от традиционной сферической, и в случае посадки на водную поверхность она могла некоторое время держаться на воде. При разработке своего аэростата Ж.-Ф. Пиккар отказался от еще одного традиционного элемента конструкции — клапана, выпускающего водород из шара. Для уменьшения подъемной силы при спуске предполагалось пользоваться взрывчаткой, выводящей из строя ненужные аэронавту баллоны. В крайнем случае, не выходя из гондолы, в соответствующий шар можно было пустить пулю.

Пробный полет „Плеяды" был назначен на 19 июля 1937 года. Единственная цель полета состояла в том, чтобы проверить эффективность новой конструкции стратостата.

Гондола, поднимаемая связкой из 99 воздушных шаров, благополучно достигла высоты 3000 м. Спуск происходил тоже успешно. Но испытателя подвела взрывчатка. Горящая стружка, случайно упавшая в гондолу с оборванных при взрыве строп, вызвала пожар. Пиккару пришлось покинуть гондолу. К счастью, авария произошла в нескольких метрах от земли. Тем не менее Ж.-Ф. Пиккар был настроен оптимистично: „Этот полет был успешным в том смысле, что он полностью подтвердил целесообразность использования множества мелких шаров". Отважный воздухоплаватель занялся проектированием аэростата „Плеяда-2". Но этой работе помешала вторая мировая война.

Однако вернемся к началу 30-х годов. Осенью 1933 года американские ученые начали работать над проектом самого крупного из до сих пор построенных стратостатов. Баллон стратостата должен был вмещать около 85 000 м³ газа. Для изготовления этой гигантской оболочки потребовалось 0,93 га прорезиненной хлопчатобумажной ткани. Оснащенная разнообразным научным оборудованием гондола представляла собой, по словам стратонавтов, настоящую небесную лабораторию.

На рассвете 28 июля 1934 года экипаж „Эксплорера-1", так назвали новый стратостат, в составе О. Андерсона, А. Стивенса и В. Кепнера занял свои места в герметичной комфортабельной гондоле.

Однако полет „самого большого аэростата всех времен", как называли „Эксплорер-1" в американской печати, едва не обернулся трагедией.

...Земля быстро удалялась. Тысячи людей, собравшихся вокруг стратолагеря, наблюдали за подъемом. На высоте 4575 м аэронавты установили радиосвязь с землей. По словам А. Стивенса, системы связи работали безупречно.

В стратосфере скорость подъема несколько замедлилась. На высоте 12 200 м капитан Андерсон держал аэростат в идеальном равновесии, не давая ему ни терять, ни набирать высоту. Согласно расписанию, стратонавты занялись научными наблюдениями. Все шло прекрасно. Пощелкивание счетчиков Гейгера свидетельствовало о том, что интенсивность космического излучения возросла по сравнению с уровнем моря в 50 раз.

В течение следующего часа стратостат равномерно поднимался. На высоте 18 300 м предполагалось снова уравновесить стратостат.

Внезапно стратонавты услышали шум, заставивший их посмотреть наверх. Оказалось, что нижняя часть оболочки стратостата разорвана. Стратостат, казалось бы, должен был начать падать к земле, однако еще около 20 минут он находился на высоте.

Музыка исправно работающих приборов начинала раздражать воздухоплавателей. Однако стратонавты преодолели искушение повернуть все выключатели, чтобы заставить приборы замолчать. Более того, находясь на этой высоте, они успели взять пробы стратосферного воздуха.

Стрелка высотомера стала указывать на снижение.

„Коричневая обожженная солнцем земля лежала под ними так далеко, что нельзя было различить ни шоссе, ни железных дорог, ни домов,— писал А. Стивенс впоследствии.— Направление нашего дрейфа менялось, но теперь это не имело большого значения. Вопрос был не в том, *где* мы спустимся, а *как*!

...Через вертикальное отверстие небо выглядело как черный бархат с пролитыми на него и высохшими чернилами — оно было черное с оттенком темно-синего, как небо во время затмения солнца, когда бывают видны звезды."

Но воздухоплавателям было не до звезд: разрыв оболочки стратостата увеличивался прямо на глазах. Сквозь иллюминатор видна была внутренняя часть баллона. Теперь оболочка, а точнее, то, что осталось от нее, действовала как парашют, замедляющий падение гондолы. Дальнейшее пребывание в ней было опасным. Сбросив балласт, пилоты послали часть приборов на парашютах. На высоте 1800 м пришлось прыгать и самим. Андерсону не удалось надеть парашют по всем правилам,

и он спускался, держа его подмышками. Еще труднее пришлось Стивенсу. Он не успел покинуть гондолу до полного ее отрыва от оболочки. Когда ему наконец удалось выбраться из летевшей с ускорением свободного падения гондолы и над ним раскрылся парашют, пилот едва не был накрыт опускавшейся отдельно от гондолы оболочкой стратостата. Один лишь Кепнер приземлился без приключений. Впрочем, Стивенс и Андерсон тоже не пострадали при приземлении. Но оболочка, сама гондола и часть научной аппаратуры, которой так гордились стратонавты, погибли.

11 ноября 1935 года стартовал американский стратостат „Эксплорер-2". В его гондоле находились знакомые нам по полету „Эксплорера-1". О. Андерсон и А. Стивенс. Объем оболочки нового стратостата (105 000 м³), наполненной не водородом, а гелием, что тоже было новинкой, значительно превосходил объем баллона „Эксплорера-1".

Стивенсу и Андерсону удалось на 66 м превысить рекорд, установленный экипажем „Осоавиахим-1". Этот полет принес интересные научные результаты. Стратонавты сфотографировали солнечный спектр на высоте 22 066 м и получили снимки Земли с этой же высоты. На высоте более 20 км над Землей была обнаружена электропроводность воздуха и определен его состав. Но поистине сенсационным оказалось то, что разреженный воздух стратосферы выдерживают простейшие формы жизни — споры. И, конечно же, во время полета велись традиционные измерения интенсивности космического излучения, а взятые в полет фотопластинки впервые зафиксировали следы космических лучей, обладающих большой энергией и огромным электрическим зарядом.

Кстати, спустя 21 год стратостату „Эксплорер-2" удалось превысить собственный рекорд высоты — он поднялся над Землей на 23 164 м.

Летом 1933 года ассистент профессора О. Пиккара бельгийский физик М. Козинс рассчитывал достичь высоты 17 км и перекрыть рекорд своего учителя. При подготовке к полету предпринимались особые меры для замедления скорости подъема. Как известно, профессору Пиккару в первом его полете потребовалось всего полчаса, чтобы попасть в стратосферу. Но столь быстрый подъем не давал возможности провести необходимые измерения на промежуточных высотах. Однако полету М. Козинса не суждено было состояться — при подготовке к старту гондола не выдержала испытания на прочность.

Осенью 1933 года подполковник Геррера предложил на заседании испанского географического общества проект стратостата, рассчитанного на 20-километровую высоту. Большой объем оболочки (24 000 м³) и облегченная, сделанная из полотна, открытая гондола, вес которой вместе с пилотом составил бы около 700 кг, позволяли надеяться на перекрытие рекорда стратостата „СССР". Разумеется, стратонавт должен быть одет в специальный высотный костюм.

Профессор О. Пиккар выступал с проектом полета стратостата в районе Южного полюса.

Однако все эти проекты так и остались нереализованными.

Перед второй мировой войной ФАИ зарегистрировала 17 воздухоплавательных рекордов, установленных советскими аэронавтами. Это, в частности, мировой рекорд продолжительности полета 91 час 15 минут (И. Зыков, А. Тропин, 1935 год), международный рекорд продолжительности дальности полета для аэростата с женским экипажем (А. Кондратьева, 1939 год), ряд международных рекордов для аэростатов различных классов.

В 1939 году в СССР была создана новая конструкция стратостата, так называемого стратостата-парашюта, позволяющего производить спуск с любой высоты без торможения балластом. На испытаниях стратостата-парашюта „СССР ВР-60" экипаж в составе А. Фомина, А. Крикуна и М. Волкова достиг высоты 16 810 м.

И еще одно достижение советских воздухоплавателей: в 1941 году А. Фомин и Г. Голышев поднялись в открытой гондоле на высоту 11 000 м.

Интерес к свободному воздухоплаванию снова возродился, несмотря на успехи высотной авиации и ракетной техники, после второй мировой войны.

Синтетические материалы, применяемые для оболочек стратостатов в послевоенные годы, позволили резко поднять потолок высоты. Оборудование стратостатов стало более совершенным, возросла длительность пребывания на потолке.

В 1961 году американские пилоты М. Росс и В. Празер достигли на стратостате серии „Стратолаб" высоты 34 670 м. А в следующем, 1962 году советскому стратостату „Волга" (пилоты-аэронавты П. Долгов и Е. Андреев) покорилась высота 25 468 м.

Серия полетов американских стратостатов „Мэнхай" сделала достижимыми высоты порядка 30—31 км.

Изменилась и научная программа полетов. Если в 30-е годы внимание ученых привлекало в основном исследование космических лучей, то в послевоенный период, когда стратостаты стали подниматься на тридцатикилометровую высоту, интерес ученых переключился на изучение Солнца и звезд.

А чтобы подняться над Землей еще выше, человеку пришлось пересесть из гондолы стратостата в кабину космического корабля. Будет ли свободное воздухоплавание переживать очередной подъем, стимулированный успехами техники, или оно уже миновало свой „пик", сказать трудно — конкретные прогнозы в науке всегда коварны. Однако следует помнить, что все, кому довелось побывать в стратосфере, думали и о более далеких путешествиях. Свидетельством тому могут служить слова, которые основатели свободного воздухоплавания братья Монгольфье избрали своим девизом: „Так идут к звездам".

## Глава III
## ЧЕЛОВЕК ОСТАЕТСЯ НА ЗЕМЛЕ

### Летающие лаборатории

В Главной геофизической обсерваторни нмени А. И. Воейкова мне показали пожелтевшую листовку (нлн объявленне) размером в лист школьиой тетради. „Прибор для исследоваиия атмосферы"— напечатано было крупным тнпографским шрифтом. Нашедшему этот прибор предлагалось, не вскрывая его, иемедленно сообщнть о своей находке в Инстнтут аэрологии в городе Слуцке (б. Павловск) Ленииградской губернни.

О каком же приборе шла речь? Может быть, об одном из многочисленных радиозондов? Или же о шаре-зонде, воздушном шаре, посланном с приборами в верхние слон атмосферы, маленьком примнтнвиом роботе, помогавшем человеку в исследованин атмосферы?

Мысль о беспилотных полетах, ие связаных с рнском для человека, о подъеме в верхние слон атмосферы реализовалась раньше, чем первые полеты человека. Кстати, в самых первых полетах монгольфьеров и воздушных шаров человек не участвовал. Ои оставался на Земле и следнл за двнжением своих послаицев в воздухе. А тем времеием первые воздухоплаватели Земли готовились к полетам. Одиако изобретеием XVIII века были ие только аэростаты, ио и иебольшие беспилотные шары, которые обычно выпускалн перед предстоящим полетом человека — так повелось со времеи физика Шарля,— для того чтобы знать направление ветра, т. е. для воздушной разведкн.

Одинм из важнейших приборов, позволяющих следить за состоянием атмосферы, считается термометр. К изобретеиию этого прибора причастны многие известные учеиые прошлого, например Ф. Бэкон н Г. Галнлей. Вклад в нзобретенне термометра и его дальнейшее усовершенствованне внеслн многне физики н изобретатели. Почти сто лет потребовалось, чтобы первые нден воплотнлнсь в компактные и иастолько совершениые прнборы, что мы пользуемся нми и по сей день.

Не прнходнтся удивляться, что первым прнбором, посланиым в свободную атмосферу, оказался имеино термометр.

В 1769 году два молодых шотландскнх студента А. Внльсои и Г. Мельвиль устроили ряд подъемов воздушных змеев, увлекавшнх с собой так называемый миннмальный термометр. Такие опыты, постоянно совершенствуя аппаратуру, они проводили в течение года.

Долгое время счнталось, что воздух совершенно не имеет веса. Однако опытами итальянского физика Торричелли было доказано, что воздух имеет вес. И немалый. По оценке Торрнчелли, которому впервые удалось „взвесить" атмосферу, общий вес атмосферного воздуха составлял $4{,}05 \cdot 10^{15}$ т. Итальянский физнк был близок к истине. По современным данным, атмосфера „весит" приблизительно $5{,}3 \cdot 10^{15}$ т.

К изменению веками устоявшихся представлений привыкнуть было очень трудно. Английский физик Бойль писал: „Было очень трудно поверить, что он (т. е. воздух.— *А. А.*) обладает весом, и требуется много опытов н рассуждений, чтобы удостовериться в этом".

Торрнчелли рассуждал так: еслн воздух нмеет вес, то создаваемое им давление можно уравновесить столбиком какой-либо жндкости, например воды. Такой водяной столб, компенсирующий давленне воздушного столба, будет иметь высоту всего 32 фута. Столбу более тяжелой, чем вода, жидкости атмосферное давление позволнт подняться на тем меньшую высоту, чем тяжелее жндкость. Оказалось, что на уровне моря давленне атмосферы эквивалентно 760 мм ртутного столба. А при подъеме на горные вершины давление, как и ожидалось, падает. Этот прннцип вошел в основу работы прнбора для измерения атмосферного давления — барометра.

С помощью барометра и термометра, разумеется, многократно модернизированных н усовершенствованных за те два столетия, которые насчнтывает научное воздухоплавание, была получена бо́льшая часть ннформации о физнческнх свойствах атмосферы.

Сначала полеты приборов без человека приноснлн сведения только о минимальных температуре нли давлении, достигаемых в процессе полета. Следующим, очень важным шагом было создание самопншущнх приборов, которые, поднимаясь на воздушных шарах в свободном полете, автоматически регистрировали температуру, давление, влажность воздуха на различных высотах. Такие шары-зонды представляли собой уже маленькие летающие лаборатории.

Первый запуск подобного шара с „барометром-свидетелем", который регнстрировал лишь минимальное давление во время полета, состоялся в 1892 году.

Оболочки первых шаров-зондов делались из бумагн н заполнялись светильным газом. Но техника не стояла на месте. Бумажные оболочки уступили место матерчатым. Достнгая своего потолка, т. е. такой высоты, где подъемная сила становилась равной нулю, шары-зонды долго плавали в атмосфере, удаляясь иногда на значительные расстояння от места своего

старта. Один из пионеров метода шаров-зондов французский метеоролог Эрмит, желая проследить за судьбой „летающих лабораторий“, снабжал их небольшими анкетами, содержащими просьбу сообщить о месте и обстоятельствах падения шара.

По предложению немецкого метеоролога Ассмана с 1901 года для подъема зондов стали использоваться резиновые, наполненные водородом оболочки. Такие шары имели ряд преимуществ перед прежними конструкциями. Благодаря эластичности резины подъемная сила шара в процессе подъема оставалась постоянной, что было очень важно при последующей расшифровке наблюдений. Когда достигался потолок, оболочка разрывалась и прибор опускался на парашюте.

Что касается систематических и регулярных метеорологических наблюдений, то летающие лаборатории обладали безусловными преимуществами перед пилотируемыми аэростатами. Во-первых, запуски шаров-зондов были более дешевым мероприятием, чем полет аэростата с пилотом. Во-вторых, после знаменитого полета Глейшера — речь пока идет о прошлом веке — высота 9 км считалась для человека предельной. А шары-зонды, со временем ставшие основным средством исследования свободной атмосферы едва ли не во всех аэрологических обсерваториях мира, устанавливали рекорд за рекордом. К 1904 году, например, самопишущие приборы на воздушных шарах 141 раз достигали высоты 14 км. В распоряжении Тейсерана де Бора, автора открытия стратосферы, к 1906 году были результаты свыше 1100 полетов летающих лабораторий.

Еще в 1893 году Эрмиту удалось сконструировать шар объемом более 100 м$^3$ — его назвали „Аэрофиль-I“. Его удалось запустить на высоту 16 км, о которой человеку тогда даже не мечталось. К сожалению, господствующие в стратосфере низкие температуры вывели из строя самопишущий аппарат (правда, он успел зарегистрировать температуру −51 °С). Но все же полет „Аэрофиля-I“ означал бесспорную победу человеческой мысли.

Выпущенный в следующем 1894 году в Германии шар-зонд „Циррус“ поднялся на высоту 18 450 м. Температура в высшей точке подъема, по данным прибора, составляла 67° ниже нуля. А в полете „Аэрофиля-II“, выпущенного 25 ноября 1895 года, была зафиксирована самая низкая из наблюдавшихся к тому времени в воздухе температур: −70 °С на высоте 15,5 км.

В России первым стал применять шары-зонды для регулярного исследования атмосферы известный аэролог В. В. Кузнецов. В 1904 году один из запущенных им шаров достиг высоты 30 км. Это был рекорд. И, как все рекорды, довольно скоро перекрытый.

Интересна история первого русского шара-зонда. В 1896 году было организовано первое международное поднятие воздушных шаров одновременно в различных населенных пунктах. Этот эксперимент, в котором приняли участие ученые Пе-

тербурга, Варшавы, Мюнхена, Парижа и Берлина, состоялся 14 ноября 1896 года.

За неимением подходящих для запуска зонда баллонов русские метеорологи приспособили для этой цели старый воздушный шар „Кобчик". Шар-зонд „Кобчик" летал всего 10 минут, успев подняться на высоту 1500 м, прежде чем он был разорван ветром. Но впоследствии оболочка шара „Кобчик" неоднократно использовалась. В одном из полетов была достигнута высота 10 000 м.

Шары-зонды используются и в современных исследованиях атмосферы. Современный шар-зонд представляет собой систему, куда входят воздушный шар (диаметром около 9 м, способный поднять примерно 1,2 кг груза), измерительные приборы и парашют. Шары-зонды достигают в среднем высоты 30 км, поднимаясь со скоростью около 400 м/мин. Траектория подъема шара-зонда при отсутствии ветра близка к вертикальной. После достижения максимальной высоты, когда оболочка несущего шара разрывается, контейнер с аппаратурой плавно опускается на землю на парашюте.

Однако шары-зонды обладают одним существенным недостатком: чтобы прочесть то, что зарегистрировали поднимавшиеся в атмосферу приборы, надо прежде всего найти их после приземления. И если в населенной местности 95 из 100 летающих лабораторий удавалось разыскать, то в труднодоступных районах земного шара — в пустыне, тропиках, Арктике — практически никакой надежды на возвращение приборов не оставалось. Недаром французский метеоролог Эрмит назвал шары-зонды „потерянными лабораториями".

Впервые мысль об „электрорадиозонде", позволяющем передавать сигналы о состоянии верхних слоев атмосферы по радио, высказал изобретатель радио А. С. Попов. Но лишь спустя тридцать лет эту идею удалось осуществить ленинградскому ученому профессору П. А. Молчанову.

### Радиозонд профессора Молчанова

Такого дня ждали долго. Ясного, солнечного, погожего, чтобы можно было наблюдать за маленькой, растворяющейся в синеве неба точкой. Слепил глаза искрящийся на солнце снег. Шли последние приготовления к запуску...

Тринадцать часов сорок четыре минуты... Старт!..

Связка воздушных шаров стала стремительно уходить вверх, унося с собой трехкилограммовый прибор, который должен был передавать на землю по радио данные о температуре атмосферы.

Все волновались. Заметно нервничающий профессор Молчанов сам сел к радиоприемнику и настроил его на волну радиозонда. Сквозь шорохи и потрескивания эфира отчетливо

доносился радиосигнал. Все обступили стол, на котором находился радиопередатчик...

Тридцать пять минут длилась эта передача. Потом сигнал пропал. Наблюдатели, сидевшие с теодолитом на башне, сообщили, что один из баллонов лопнул. Но это было уже, в сущности, неважно, потому что первый в мире радиозонд выполнил свою задачу.

Данные о температуре воздуха, зарегистрированные радиозондом, передали в Ленинградское бюро погоды и в Москву, в Центральный институт прогнозов. Спустя несколько дней радиозонд, благополучно опустившийся на землю, нашли в Новгородской области и в полной сохранности доставили в Павловскую обсерваторию.

Этот день — 30 января 1930 года — вошел в историю как начало новой эры в метеорологии. Осталось в истории науки и имя человека, создавшего радиозонд. Оно тесно переплелось с названием самого прибора. Радиозонд Молчанова...

Павел Александрович Молчанов стремился создать предельно простой, легко воспроизводимый прибор, пригодный для массового применения. При разработке радиозонда необходимо было решить три основные задачи: а) создать датчики (давления, влажности, температуры и т. д.); б) разработать легкий портативный радиопередатчик и в) придумать систему передачи сигналов на землю.

Первая задача решалась относительно просто, поскольку уже имелся опыт создания легких метеорографов, предназначенных для шаров-зондов. Система формирования радиосигналов, т. е. преобразование показаний метеорологических приборов в радиосигналы, тоже была разработана Молчановым. Указатели от датчиков температуры и давления скользили по системе металлических „гребенок", попадая в зависимости от показаний приборов на те или иные контакты и тем самым замыкая цепь радиопередатчика.

Главную проблему представлял, конечно, портативный передатчик. „Вторая трудность постройки радиозонда была связана с устройством радиопередатчика, могущего при небольшом весе передавать сигналы на достаточные расстояния, порядка 50—100 км,— писал П. А. Молчанов.— Задача казалась неразрешимой, так как применяющиеся и до настоящего времени радиопередатчики для указанных расстояний весят по крайней мере несколько килограммов... Однако выход нашелся.

Когда все передатчики были перепробованы и отброшены, в качестве последней меры взялись за любительские передатчики, построенные по самой простой схеме Гартлея. Сначала делали опыты на расстоянии 1—2 км, затем мы решили выпустить такой передатчик в воздух..."

Однако, когда попробовали поднять передатчик на воздушном шаре, сигналы сразу же прекратились. В чем дело? Многие специалисты того времени считали, что на расстоянии не-

скольких сот метров от земли существует так называемая мертвая зона, откуда ни при каких условиях нельзя услышать сигналы.

Но Молчанов не опустил руки. И оказалось, что причина отказа радиопередатчика в другом: в плохом контакте указателя температуры с „гребенкой".

Неудачным был и второй запуск. После нескольких минут полета сигналы исчезли. И Молчанов снова решил, что сдаваться рано. Проверили все возможные источники неудачи, переменили расположение антенны. „Я применил отчаянное, противозаконное с точки зрения радиотехники средство,— писал впоследствии П. А. Молчанов.— На накал лампы я пустил вместо полагавшихся 4 в — 6 в. Лампа работала на пределе и, конечно, могла так работать не больше часа. Но мне этого было вполне достаточно".

И еще Молчанову постоянно приходилось преодолевать барьер непонимания, приходилось смиряться с тем, что настойчивость при решении научной проблемы иные называли упрямством и даже фанатизмом. Года за два до запуска радиозонда, запатентованного Молчановым еще в 1927 году, один очень известный немецкий ученый публично сомневался в результативности подобных исследований. Поднять на воздушном шаре громадный и тяжелый радиопередатчик тех времен казалось немыслимым. Что до самого радиозонда, то первый его образец весил 3,5 кг; в дальнейшем его вес снижался.

Событие 30 января 1930 года не прошло незамеченным за рубежом, где создание радиозонда оценили как новую эру в метеорологии. Голландский ученый доктор Каннегитер был убежден: радиозонды окончательно вытеснят прежние регистрирующие приборы.

„Попытки запуска радиозонда имели переменный успех",— говорил профессор Молчанов в своем докладе на Всесоюзной конференции по изучению стратосферы в 1934 году. Иногда приборы „отказывались" работать. Что ж, радиозонды обладали всеми достоинствами и недостатками приборов-автоматов, но достоинства все же преобладали: уже в 1930 году было совершено 11 удачных запусков.

Популярность радиозондов возрастала, набирая темпы. Показательные полеты с территории института аэрологии во время Всесоюзной конференции по изучению стратосферы. Знаменитый первомайский полет, когда радиозонд достиг высоты почти 22 км. Первые подъемы радиозондов в Советской Арктике в 1931 году. Участие профессора Молчанова в экспедиции международного общества „Аэроарктика" на дирижабле „Граф Цеппелин", с борта которого был произведен ряд успешных запусков. И наконец, радиозондирование атмосферы во время Второго международного полярного года (1932-33).

Запуски радиозондов в других странах начались значительно позднее, чем в СССР: первый удачный запуск в Германии состоялся в 1931 году, в Швейцарии и Канаде — в 1934—

1935 годах, в Финляндин — в 1935—1936, а в США — в 1937 году.

Одного только изобретеиия радиозонда хватило бы, чтобы оставить глубочайший след в метеорологии, но любой аэролог знает и теодолит Молчаиова, и круг Молчанова для иаблюдений за шарамн-пилотами.

В одной из книг об атмосфере, датироваииых 1935 годом, можно прочесть: «Подобные приборы (радиозонды.— *А. А.*) нзготовляются германской фирмой „Аскання" и ленинградскими мастерскимн». А значит, под руководством и при участии профессора Молчаиова — днректора Иистигута аэрологин. Прнчем часть этнх приборов предназначалась для заграницы.

А миогочисленные учебники по аэрологии и моиографни, написанные Молчаиовым... Иитерес к ним ие утрачеи до сих пор, хотя издаиы онн были еще в 30-х годах. Список научных трудов П. А. Молчаиова заставляет размышлять о том, где, как, когда были онн иапнсаны. А П. А. Молчаиов еще и преподавал в Леиииградском институте инженеров Граждаиского воздушного флота, был члеиом комнссин по изучеиию стратосферы, организоваиион при Академни наук СССР, под его руководством проектировалнсь и разрабатывались оборудование для знаменнтого стратостата „СССР" и первый автоматическнй прнбор для нсследовання космических лучей.

Известиый аиглийскнй учеиый Н. Шоу скажет о своем советском коллеге: „Среди миогих способных метеорологов России иужио иазвать П. А. Молчаиова". Радиозонд, по словам Н. Шоу, открыл иовую эру в метеорологии.

Такнм был Молчанов — учеиый. Жнзнь его трагически оборвалась во время эвакуацни нз осажденного Ленннграда по льду Ладожского озера.

Шлн годы. Раднозонд профессора Молчанова блестяще выдержал испытаиие временем. Сейчас, по прошествин полувека, особенно ясио ощущается, что идея радиозонда ие была опережающим свое время взлетом фантастической мысли. Напротив, эта идея поражает своей актуальностью. Во-первых, развнтне радиотехннки конца 20-х годов, несмотря на трудности, которые пришлось преодолеть изобретателю раднозонда, уже позволяло рассчитывать иа создаиие прнбора, который можно было бы поднять в стратосферу без человека. А во-вторых, метеорология как наука была подготовлеиа к приему информацин нз свободиой атмосферы. Счастлнвое совпадение идей и потребностей определило дальнейшую судьбу раднозонда.

Главиое достоинство радиозоида Молчанова — это быстрота, точность, дешевизиа передачи информацин иа землю. Радиозонд — прибор разового действия — прежде всего должен быть дешевым и простым в эксплуатации. И ни в коем случае не уникальным, лабораторным экземпляром прибора, а такнм, который, если он потеряется в ходе экспернмеита, в следую-

щем запуске может быть заменен новым, в точности повторяющим прежний. Например, перед Великой Отечественной войной, когда в нашей стране действовало свыше двадцати станций радиозондирования атмосферы, в год требовалось примерно 20 000 радиопередатчиков.

Почти четверть века радиозонд „работал" в своем первом, молчановском варианте, без всяких серьезных усовершенствований. Разумеется, время внесло изменения в его конструкцию. Современная электроника и микросхемы заставили уйти в прошлое ламповые приемники и системы электромеханического съема информации. Баллоны диаметром 2 м, наполненные водородом и гелием, поднимают прибор, в 10 раз более легкий, чем полвека назад. За движением радиозонда следят радиолокаторы, а не наблюдатели. Идея же осталась неизменной. Идея телеметрической передачи информации, которая получила свое дальнейшее развитие при освоении космического пространства.

## Выше стратосферы

Высота 40 км оказалась предельной и для стратостатов, и для радиозондов. Собственно говоря, летательным аппаратам легче воздуха так высоко вообще не удавалось подниматься. Сначала более высокие слои атмосферы приходилось исследовать только с Земли, посылая туда звуковые сигналы или радиоволны, направляя мощные лучи прожекторов, наблюдая за яркими следами метеоритов.

Чтобы попасть в расположенное выше стратосферы пространство, нужны были принципиально новые технические средства — реактивные аппараты. Г. Оберт в Германии, Р. Годдард в Америке, наши соотечественники К. Э. Циолковский и Ф. А. Цандер разрабатывали проекты реактивных двигателей на жидком топливе.

„Работа над реактивными летательными аппаратами трудна, но необычайно интересна и многообещающа. Трудности в конечном итоге преодолимы, хотя, может быть, и с несколько бо́льшим трудом, чем это кажется на первый взгляд",— говорил в 1934 году С. П. Королев.

Успехи ракетной техники дали метеорологам мощное оружие, позволяющее „прощупать" прежде недоступные высоты.

В начале 1945 года в распоряжение военно-воздушных сил США попало большое количество немецких ракет „ФАУ-2". Вскоре после окончания второй мировой войны американским ученым было предложено использовать часть этих ракет в исследовательских целях. Так появилась новая возможность изучать верхние слои атмосферы.

16 апреля 1946 года на испытательном полигоне Уайт-Сэндс для целей метеорологии была запущена ракета „ФАУ-2". Вот как описывает этот пуск один из очевидцев:

«Первая ракета „ФАУ-2“ ВВС США достигла небольшой высоты... повернулась и возвращалась, нацелясь на тысячу наблюдателей... Ракета только случайио ие попала в наблюдателей.

Ракета поднимала оборудование для измерения электронной концентрации в слое E*, рассеянного света дневного неба, давления и температуры окружающей среды.** Единственым утешением утомленных инженеров и научных работников, проработавших без сиа 48 часов, было то, что оборудование функционировало нормально вплоть до момента удара о Землю».

В последующие четыре года американскне специалисты запустнли свыше шестидесяти подобных ракет.

В иашей страие разработка ракетиого зондирования атмосферы была начата также в послевоенные годы. В этот период были осуществлены запуски геофизических ракет (Р=1, В=1А и др.), имевшие, в том числе, и метеорологические цели.

Первая советская метеорологическая ракета МР-1, запущенная в октябре 1951 года, была, как говорили специалисты, возвратной, то есть ее конструкция обеспечивала спуск на полигон не только аппаратуры, но и самой двигательной установки. Это обстоятельство означало возможность использовать ракету многократно.

При разработке первой советской метеорологической ракеты учитывались три основных прннципа. Во-первых, от аппаратуры требовалась возможная простота и доступность в эксплуатации — это связано с особенностью всех метеорологических приборов как приборов массовых. Во-вторых, необходимо было предусмотреть возврат на землю головной части ракеты, где располагалось оборудование, а если возможно, и самой ракеты. Однократное использование ракеты и аппаратуры делало зондирование атмосферы слишком дорогим. И, иаконец, в-третьих, результаты измерений должны былн в процессе эксперимента передаваться по радио.

Исследованне верхней атмосферы в Советском Союзе ведется с помощью двух типов ракет: метеорологических и геофизических. Метеорологические ракеты, как правнло, легкие и сравнительно дешевые, охватывали высоты от 20 до 100 км. Геофизические ракеты „работали“ в диапазоне от 100 до 200—500 км. И даже выше. Различной была и программа исследований. Если в задачи метеорологнческих ракет входило изучение структуры стратосферы и следующей за ней мезосферы, то в программе запуска геофизических ракет предусматривалось измеренне нифракрасного излучения Земли и атмосферы, изучение оптических свойств верхней атмосферы, магнитного поля Земли, ультрафиолетового, рентгеновского и корпускуляриого

* Одии из слоев иоиосферы.

** На ракете был также устаиовлен счетчик Гейгера — Мюллера для регистрации космических лучей.

излучения Солнца, космических лучей и различных физико-химических процессов, разыгрывающихся в верхней атмосфере. Кроме того, наряду с физическими проводились и биологические эксперименты.

Ракета МР-1, как и следовало ожидать от первой модели, была слишком громоздкой и неоперативной. Требовалась ракета, которую можно было бы запускать в любом районе, притом с малыми затратами. В 1957 году на смену МР-1 пришла более легкая и удобная ракета ММР-1 с высотой подъема около 50 км. Новая ракета, отличающаяся от МР-1 и дешевизной и простотой, позволила существенно расширить географию ракетного зондирования атмосферы. Ныне широко используется ракета МР-12.

Запуски советских геофизических ракет были поистине рекордными. В мае 1957 года ракета весом 2200 кг достигла высоты 212 км. В феврале следующего 1958 года ракетой весом 1520 кг была покорена высота 473 км (что явилось рекордом для одноступенчатых ракет). А в марте 1958 года была взята высота 450 км при весе 1690 кг.

Результаты измерений в процессе полета и спуска контейнера с аппаратурой передаются по радио на Землю. Геофизические ракеты на заданной высоте сбрасывают несущий приборы контейнер, который затем при помощи парашюта спускается на Землю.

Ракетный метод исследований потребовал принципиально новой экспериментальной техники. В считанные минуты ракета достигает своего потолка. За это время она пересекает по вертикали толщу атмосферы. Картина атмосферы восстанавливается по этому кратковременному соприкосновению датчиков с разреженным газом, поэтому они должны быть малоинерционными, т. е. практически мгновенно реагировать на изменение физических условий. Но работа этих приборов протекает в труднейших условиях: перегрузки и вибрации, перепады температуры и давления. Особенно жесткие требования выдвигаются в отношении габаритов приборов, их веса и механической прочности.

Ракетное зондирование, как и каждый расширяющий возможности ученых метод, принесло открытия.

Еще полеты на стратостатах показали, что состав воздуха с высотой не изменяется. Наблюдения, сделанные с помощью ракет, подтвердили, что до высоты примерно 95 км картина сохраняется. Сначала в полетах брали только пробы воздуха, а затем, уже на земле, исследовали их. С 1958 года измерения стали проводить непосредственно в полете при помощи специально сконструированных масс-спектрометров.

Прямые ракетные исследования показали, что на больших высотах атмосфера состоит из трех, а не из двух, как на протяжении первых 100 км от поверхности, основных компонент. К азоту и кислороду здесь добавляется еще одна разновидность кислорода — атомарный кислород, возникающий при

расщеплении молекул $O_2$ под действием солнечного света. Атомарного кислорода в верхней атмосфере значительно больше, чем молекулярного: его относительное содержание составляет около 65 % от азота $N_2$, в то время как $O_2$ — всего 14 %. Неожиданным оказалось и относительно большое ($10^{12}$ молекул/см$^3$) количество воды — раньше считали, что весь водяной пар сосредоточен в тропосфере.

В верхней атмосфере обнаружили и атомарный водород, опять-таки в количестве, в сотни раз превышающем прежние оценки. По-видимому, этот водород возникает за счет фотодиссоциации молекул воды.

Некоторые изменения претерпели и наши представления о структуре ионосферы. Исходя из наземных наблюдений (по распространению радиоволн), ионосферу считали состоящей из четко выраженных изолированных слоев ионизированного воздуха. Ракетные исследования показали, что такая модель весьма и весьма упрощена. Ионосфера — это огромный, простирающийся на десятки километров по вертикали слой, в котором обнаруживается, подобно интерференционным кольцам, ряд максимумов электронной концентрации.

Некоторое время назад при исследовании звездных атмосфер ученые обнаружили в спектре одной далекой звезды непонятно каким образом туда попавший, весьма мало распространенный во Вселенной и даже на Земле полученный искусственным путем — отсюда и его название — элемент технеций. Пока астрофизики разбирались с проблемой происхождения этого звездного технеция, в земной атмосфере также были найдены совершенно неожиданные элементы.

Запущенная 15 июня 1960 года советская геофизическая ракета зафиксировала присутствие в верхних слоях атмосферы довольно непривычного для земного воздуха элемента — магния. Оказалось, что магний располагается в тонких слоях на высотах 104 и 120 км, причем в каждом кубическом сантиметре насчитывается до 10 000 ионов этого элемента. Кроме того, были обнаружены ионы кальция и железа, примерно в таком же количестве. Вскоре присутствие железа в верхней атмосфере подтвердили и другие запуски ракет. Наличие этих элементов в азотно-кислородной в своей основе атмосфере Земли явилось полной неожиданностью. Даже возрастающая по своим масштабам, соперничающая по размаху с природными процессами деятельность человека не смогла бы внести в состав атмосферы подобные изменения.

Оставался только один источник поступления этих элементов — космический. Может быть, они попали в атмосферу вместе с космическими лучами? Известно, что в составе первичного космического излучения и магний, и кальций, и железо присутствуют. Но в каких же ничтожно малых количествах! Ядра этих элементов составляют тысячные доли от общего потока корпускулярного излучения, в основном представленного протонами. Состав межзвездного газа качественно примерно

такой же. И если бы космические частицы по каким-то причинам оседали в ионосфере, то там можно было бы найти практически всю периодическую таблицу.

Другая гипотеза, наиболее вероятная, связывает происхождение этих элементов в верхних слоях земной атмосферы с метеоритами. Железо, кальций, магний могли попасть в атмосферу с метеоритами. Дело в том, что высоты, на которых обнаружили эти элементы, соответствуют наиболее вероятному пространству, где происходит сгорание метеоритов. А в состав метеоритов эти химические элементы, как установлено, входят.

И еще одна неожиданность. Стратосфера, казалось бы, вдоль и поперек изученная, продолжала задавать загадки метеорологам. Например, были обнаружены как сезонные, так и широтные вариации температуры воздуха в стратосфере.

В истории Земли давно уже известны периоды потепления и похолодания. Так называемый малый ледниковый период Земля переживала относительно недавно. Именно тогда цветущая зеленая Гренландия превратилась в суровую страну с безжизненным, напоминающим то ли лунный, то ли марсианский ландшафтом.

В 1958 году было обнаружено внезапное потепление стратосферы. Еще в конце 1957 года ракетное зондирование дало типичное для того времени года распределение температур с высотой. А запуск в январе следующего, 1958-го, года принес неожиданные результаты. На высотах, бо́льших 30 км, бортовая аппаратура зафиксировала аномально высокую температуру воздуха. Следующие запуски метеорологических ракет, проведенные месяц спустя, зарегистрировали непривычно высокие температуры уже на высотах порядка 15 км. Это явление носило планетарный характер. Его наблюдали и советские, и американские ученые. И главное, потепление 1958 года не было единственным или уникальным. В последующие годы подобные явления наблюдались неоднократно. И опять-таки без однозначного объяснения. Возможно, в потеплениях было „виновато" Солнце, переживавшее очередную фазу своей активности.

Осталось в прошлом представление о верхних слоях атмосферы как о „царстве вечного покоя и строгого порядка". Еще Пиккар писал в своей книге: „Над облаками погода всегда прекрасная, всегда светит Солнце, нет ни туманов, ни дождей..." С помощью ракет удалось установить в общих чертах характер атмосферных движений на больших высотах. Например, на высоте 80 км над средними широтами скорость ветра достигает 50 м/с. А на стокилометровых высотах разыгрываются явления, ранее считавшиеся особенностью лишь тропосферы. Например, в мезосфере наблюдаются мощные воздушные потоки, напоминающие циклоны и антициклоны, хотя выражены они слабее, чем у поверхности Земли.

Вообще структура атмосферы, и ее верхних слоев в частности, оказалась значительно сложнее, чем следовало из ее модели, распространенной в доракетную эру. Известный совет-

ский ученый профессор Е. Г. Швидковский писал: „Атмосфера — один из сложнейших объектов исследования. Она обладает локальной неустойчивостью и вместе с тем высокой стабильностью глобального существования во времени. С физической точки зрения атмосфера не изолированная, а открытая система, подверженная внешнему воздействию солнечного излучения... По-видимому, атмосфера обладает высокой степенью саморегулирования, иначе трудно представить себе, каким образом при внешнем воздействии, длящемся на протяжении всего времени существования Земли, она сохраняется в практически неизменном виде“.

### Телеглаз над планетой

Каждый новый метод исследования со временем обнаруживает какие-то теневые стороны или, во всяком случае, свою неуниверсальность. Так получилось и в метеорологии. Шары-зонды безусловно расширили диапазон исследований ученых, но возможности самих шаров-зондов весьма ограничены. Далеко не каждый из них удается отыскать после приземления, а в труднодоступных районах это почти невозможно. Но не в этом заключается главный недостаток шаров-зондов. Хуже другое — приносимая ими информация нередко перестает быть оперативной: слишком много времени тратится на поиск.

Радиозонд был совершенно новым словом техники и признанным универсальным средством исследования атмосферы. Но, к сожалению, информация о состоянии атмосферы, передаваемая на землю в процессе полета, отражает только то, что происходит на первых 40 км над поверхностью. Воздушный потолок радиозонда не позволяет исследовать всю толщу атмосферы.

Следующим шагом вперед, а точнее вверх, явились метеорологические ракеты. Их потолок по крайней мере на порядок выше, чем у радиозонда, но ракеты настолько быстро преодолевают всю толщу атмосферы, что установленные на них датчики не успевают отреагировать на изменение физических условий в процессе полета.

Еще до запуска первого искусственного спутника Земли многие ученые считали, что спутник будет идеальным средством для проведения многих метеорологических и астрофизических исследований. Американский ученый С. Ф. Сингер в 1954 году полагал, что „в течение ближайших нескольких лет разработка больших ракет достигнет такого состояния, что окажется возможным создание многоступенчатой ракеты для запуска маленького тела весом, может быть, в 100 фунтов (50 кг) на постоянную орбиту Земли. Такое тело представляло бы собой искусственный спутник Земли, и регистрируемые на нем данные запоминались бы либо передавались на Землю с помощью радиотелеметрии... Научная ценность результатов на-

блюдений такого рода, по-видимому, оправдает затраты на создание такого маленького спутника, стоимость которого может оказаться более доступной, чем стоимость запуска для аналогичных целей ста ракет".

Как известно, первые исследования верхней атмосферы с помощью спутников провели советские ученые. Наиболее широкая программа исследований была осуществлена на спутниках типа „Космос".

ИСЗ имеют неоспоримые преимущества перед ракетами. Ракеты позволяют получать сведения лишь о пространстве, лежащем непосредственно над точкой запуска. Для изучения структуры атмосферы, ее состава, концентрации электронов в ионосфере, плотности, температуры — это много. Но, к сожалению, атмосфера Земли не статична. И единичные зондирования даже до рекордно больших высот не отражают всей сложности процессов в нашей атмосфере с постоянным движением воздушных масс. Чтобы получить более полную картину развития атмосферных процессов в пространстве и времени, нужны сотни одновременных запусков, т. е. сеть станций зондирования, охватывающих всю планету. И хотя запуски ИСЗ еще более сложны, чем запуски метеорологических ракет, но и сложность, и дороговизна с лихвой компенсируются тем, что при помощи ИСЗ можно проследить развитие атмосферных явлений в масштабе планеты.

Важность непрерывности наблюдений для метеорологии трудно переоценить. Например, только за один виток вокруг Земли в поле зрения спутника системы „Метеор" попадает около 8 % земной поверхности. А система спутников, выведенная соответствующим образом на околоземные орбиты, может держать под контролем едва ли не любую точку земного шара.

С помощью установленной на спутниках телевизионной аппаратуры можно наблюдать облачный покров Земли. Фотографии, полученные при помощи ИСЗ, позволяют проследить судьбу многих циклонов, выявить очаги грозовой деятельности, характер воздушных течений, оценить ледовую обстановку и снежный покров планеты, проследить за динамикой развития лесных пожаров.

Как правило, на фотографиях с метеорологических ИСЗ можно различить детали размером до 1—2 км, т. е. выявить такие детали мезопроцессов в атмосфере, которые недоступны наземным синоптическим наблюдениям. Спутники системы „Метеор" позволяют передавать на Землю изображения тех районов, над которыми они пролетают, в реальном масштабе времени и в видимой области спектра. Это открывает возможность предсказания тех метеорологических процессов, которые могут послужить причиной стихийных бедствий. Весь опыт метеорологии говорит о том, что атмосферные процессы, обладающие большой разрушительной силой, очень трудно предсказуемы: обычно такие процессы зарождаются в срав-

нительно небольшом пространстве над поверхностью планеты и наземная метеорологическая сеть не в состоянии уловить момент их зарождения.

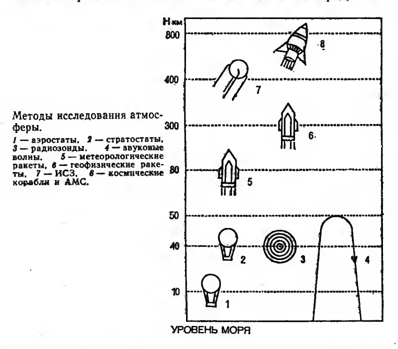
Орбиты многих ИСЗ проходят на высоте порядка 300 км, т. е. в верхней и настолько разреженной атмосфере, что лишь с помощью достаточно тонких физических наблюдений можно доказать отличие этой среды от „истинного" межпланетного пространства. Именно ИСЗ дали возможность получить сведения о самых верхних слоях атмосферы. Подобно тому, как с помощью шаров-зондов в свое время была открыта стратосфера, наблюдения, сделанные при помощи спутников, привели к открытию внешних протяженных оболочек земной атмосферы — термосферы и экзосферы.

ИСЗ принесли и другие интересные результаты. Так, оказалось, что плотность атмосферы и ее давление хотя и убывают с высотой, но не так монотонно, как следует из прежних представлений. Измерения, выполненные на ИСЗ, показали, что в зависимости от времени суток плотность верхней атмосферы испытывает колебания. Например, на высоте порядка 800 км давление от ночи ко дню может измениться примерно в 10 раз. Замечены также месячные и полугодовые, широтные и геомагнитные колебания плотности верхних слоев атмосферы. Эти явления связывают с различными фазами солнечной активности.

Эксперименты на первых же советских спутниках позволили уточнить уже известную своей слоистостью и неоднородностью структуру ионосферы. Советским ученым Я. Л. Альпертом был предложен интересный метод исследования ионосферы, получивший название „радиовосхода" и „радиозахода". На спутниках были установлены радиопередатчики, излучавшие радиосигналы на частотах 20 и 40 Мгц. Но радиоволны, соответствующие этим частотам, подвержены сильному преломлению при прохождении через ионизированные слои воздуха. Чем сильнее концентрация электронов на пути радиолуча, тем сильнее он преломляется. Это искривление траектории радиолуча приводит к несовпадению во времени оптического и радиовосхода (и захода соответственно). Причем это несовпадение будет тем сильнее, чем больше встретится на пути радиолуча электронов. Было замечено, что в некоторых случаях радиолуч распространяется не по кратчайшему пути, а огибает земной шар по огромной дуге. Ионосфера служит своеобразным волноводом, по которому распространяются радиоволны.

Спутники системы „Электрон" принесли интересные сведения о составе самых верхних слоев атмосферы. Еще в XIX веке предполагали, что состав атмосферы остается постоянным лишь до определенной высоты. Содержание тяжелых газов с высотой должно убывать скорее, чем концентрация легких, и постепенно атмосфера Земли должна полностью переходить в водородную. Однако наземные спектрометрические наблюдения не подтвердили эту точку зрения. Ни водорода, ни гелия,

ни гипотетического легкого элемента геокорония на больших высотах не обнаружили. Спутники принесли данные, свидетельствовавшие о справедливости именно ранней гипотезы. Как выяснилось, на высотах порядка 1000—2000 км атмосферные газы находятся преимущественно в ионизованном состоянии, причем преобладают ионы кислорода и водорода, содержание же азота и гелия на этих высотах не превышает нескольких процентов. Но постепенно исчезает и кислород, и ат-




Методы исследования атмосферы.
*1* — аэростаты, *2* — стратостаты, *3* — радиозонды, *4* — звуковые волны, *5* — метеорологические ракеты, *6* — геофизические ракеты, *7* — ИСЗ, *8* — космические корабли и АМС.

мосфера становится водородной, иначе говоря, поскольку водород ионизован,— протоносферой.

Но метеорологов привлекает и наш естественный спутник — Луна. Создание лунной метеорологической обсерватории, позволяющей увидеть Землю в целом, вполне реально для современного уровня техники, считает член-корреспондент АН СССР К. Я. Кондратьев.

Атмосфера обычно мешает астрономическим наблюдениям, поскольку она неодинаково прозрачна в различных областях спектра — недаром астрономы стремятся поднять свою аппаратуру на баллонах в стратосферу или установить ее на орбитальных станциях. Для наблюдателя, находящегося на Луне, отсутствие у нашего естественного спутника атмосферы — фактор без сомнения положительный. Конечно, не следует забы-

вать о мощной земной атмосфере. Но наша атмосфера искажает в основном наблюдения, производимые с поверхности Земли. Исследователи, находящиеся на Луне, могли бы различить на Земле объекты в 4—5 раз меньшие, чем те, которые можем разглядеть мы на Луне.

Невооруженным глазом с Луны можно будет различить образования размерами приблизительно 100×100 км². Наблюдатель, вооруженный простейшим биноклем, различит уже отдельные кучевые облака (достаточно крупные). А несложный телескоп позволит рассмотреть детали земной поверхности, имеющие размеры порядка 1 км.

Еще одно преимущество нашей соседки по космосу связано с параметрами ее вращения. Луна постоянно смотрит на Землю одной стороной, значит, и лунная обсерватория будет наблюдать за Землей постоянно. Это особенно важно для наблюдения за труднодоступными районами земного шара. Но главное — лунная обсерватория позволит увидеть Землю в целом.

### Человек или автомат?

Старый спор, кому доверить первую встречу с неизвестным, снова обострился в космическую эру. Вот что пишет летчик-космонавт СССР Е. В. Хрунов: „Интересно сопоставить возможности фотографирования с возможностями визуальных наблюдений Земли с пилотируемого космического корабля. Контрастность изображения на снимках значительно меньше, чем в натуре. Очень трудно найти фотографию, сделанную космонавтом с борта корабля, которая так же четко и чисто воспроизводила бы картину поверхности Земли, как это видит наблюдатель".

Многие явления проходили мимо метеорологических спутников, но были замечены и переданы на Землю космонавтами. Так, летчик-космонавт В. А. Шаталов наблюдал с борта космического корабля „Союз-4" над Северной Атлантикой облачный вихрь в обширном глубоком циклоне. Вихрь двигался на Европейский континент, обещая сильные ветры и обильные дожди. Детали внутренней структуры этого вихря, которые не попали в „поле зрения" метеорологического спутника, но не ускользнули от внимания космонавта, позволили своевременно уточнить положение центра циклона. Подобные примеры можно продолжить. Экипаж „Союз-6" на сутки раньше, чем метеорологический спутник, заметил циклон, зарождающийся у берегов Кубы. Сведения были немедленно переданы в Гидрометцентр СССР.

„Все вопросы, связанные с исследованием природной среды, могут решаться автоматическими спутниками,— пишет Е. В. Хрунов.— Вместе с тем необходимость сознательного выбора объектов изучения, возможность испытаний, проверки и регулирования в полете сложной аппаратуры, выбор наиболее

благоприятных условий съемки — все это приведет в космос метеорологов. Сочетание автоматики с активной работой специалиста-космонавта даст возможность претворить в жизнь самые смелые проекты изучения Земли из Космоса".

Визуальным наблюдениям отводится большое место в научной программе советских пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций.

Ни один созданный человеком детектор не может соперничать по чувствительности в видимой области спектра с человеческим глазом. Причем чувствительность глаза остается достаточно высокой в огромном диапазоне изменения освещенности и яркости наблюдаемого объекта. Глаз человека, как известно, в состоянии заметить один-единственный квант, попавший на его сетчатку. И не только квант света, но даже и отдельную частицу космического излучения. Впервые об этом рассказал американский космонавт Э. Олдрин. Внутри корабля „Аполлон-11", совершавшего путешествие на Луну, космонавт наблюдал кратковременные, но интенсивные вспышки света.

Члены экипажей „Аполлон-12" и „Аполлон-13" тоже заметили подобные явления. Эти вспышки, по рассказам космонавтов, были очень разнообразны: иногда яркие и мгновенные, иногда узкие, как карандашная линия, временами они напоминали следы фейерверка. Любопытно, что космонавты видели вспышки независимо от того, открыты или закрыты были их глаза. Возникали вспышки примерно раз в минуту.

Одно из возможных объяснений этого загадочного явления связывают с космическими лучами. Световые эффекты в зрительном нерве могут быть вызваны частицами космического излучения, которые, проникая через стенки корабля, попадают и в глаза космонавтов.

Если частица движется со скоростью, превышающей скорость света в данной среде, то энергия ударной волны, порождаемой движением частицы, превращается в световую. Это явление известно как эффект Вавилова — Черенкова. Не исключено, что ощущение вспышки вызывается именно черенковским излучением. Другое объяснение основано на том, что фотоэлектрические процессы, ответственные за механизм зрения, протекают одинаково как под действием света, так и в результате попадания в сетчатку глаза заряженных частиц.

Конечно, наблюдения американских космонавтов могли носить субъективный характер. Чтобы проверить, действительно ли вспышки имеют „космическую" природу, эксперимент провели на Земле. Космическое излучение имитировалось потоком заряженных частиц, разогнанных на ускорителе до околосветовых скоростей. Заряженные частицы, попадая в глаза добровольных наблюдателей, среди которых был также один американский космонавт, вызывали световые эффекты, подобные тем, что наблюдались в полетах.

На околоземных орбитах, куда проникает лишь небольшой процент первичного космического излучения, „вспышки" очень

редки. Впервые „вспышки" вблизи Земли наблюдал советский космонавт Н. Рукавишников на корабле „Союз-10".

Во время полета корабля „Союз-22" был поставлен специальный эксперимент, который так и назывался — „Вспышка". На двадцатом витке полета бортинженер В. Аксенов надел специальные очки и подождал, пока глаза привыкнут к темноте. Вместо стекол в очки были вставлены слои особой ядерной эмульсии, которая одновременно с глазом космонавта должна была регистрировать следы частиц космического происхождения.

Эксперимент „Вспышка" начался, однако космонавт с огорчением отметил, что „вспышки" не наблюдались. Означало ли это неудачу? „Земля" проанализировала ситуацию. Расчеты показали, что далеко не все частицы космического излучения могут вызвать световой эффект; только самые быстрые, скорость которых отличается от световой в очень большом знаке после запятой, или тяжелые заряженные, вызывающие чрезвычайно сильную ионизацию в веществе, но последних в составе первичных космических лучей содержится не более 1 %.

На следующий день бортинженер встал гораздо раньше, чем было предусмотрено программой, и задолго до начала рабочего дня провел незапланированный эксперимент. В первых же сеансах связи В. Аксенов доложил: „Наблюдаю вспышки". Он подробно описал эти „вспышки": иногда они проносятся подобно метеору, некоторые световые пятна, наоборот, постепенно нарастают и столь же медленно рассасываются.

Беспристрастный детектор тоже зарегистрировал факт прохождения заряженных частиц. Но визуальные наблюдения космических лучей показали, насколько тонким инструментом может быть человеческий глаз в космических условиях.

Кратко проблема „человек или автомат" может быть сформулирована следующим образом: автоматы запрограммированы „на стандарт", а принципиально новые и неожиданные явления требуют участия человека.

Особенно эффективны визуальные наблюдения для решения поисковых задач. Сопоставление возможностей космонавта-оператора с возможностями автомата не в пользу последнего.

Во-первых, космонавты могут наблюдать и регистрировать уникальные, редко встречающиеся процессы. Во-вторых, управляя фото- и киноаппаратами и учитывая конкретные условия съемки, которые практически невозможно предусмотреть даже в наиболее тщательным образом составленной программе для автомата (облачность, дымка, освещенность, состояние атмосферы и иллюминаторов), космонавты, как правило, добиваются лучшего качества изображения.

При автоматической съемке, проводимой спутниками, неизбежно накапливается избыточная информация, из которой уже на Земле, после долгого и кропотливого просмотра, отбирается полезная.

Космонавты-операторы после определенной подготовки сами производят эту предварительную обработку информации перед ее отправкой на Землю.

Одной из задач, поставленных перед экипажами станции „Салют-6", было накопление признаков, характеризующих те или иные процессы на нашей планете, с целью создания в последующем „банка данных" для разработки постоянно действующих автоматических систем исследования Земли и природных ресурсов.

И все же пока во многие экспедиции первыми уходят автоматы. Именно автоматические посланцы Земли опустились на поверхность наших ближайших соседей Венеры и Марса, пересекли пояс астероидов, пролетели вблизи колец Сатурна. Остается только ждать того времени, когда развитие космической техники позволит человеку самому побывать в отдаленых уголках Солнечной системы, откуда Земля — маленький оазис, ничем не примечательная звездочка — будет видна только в телескоп и куда свет от далекого, непривычно уменьшенного Солнца будет лететь минуты, часы, сутки... Сколь бы ни был совершенен автомат, человеческий глаз увидит больше.

## Глава IV
# ГОСТИ ИЗ КОСМОСА

### Гипноз великого открытия

С историей освоения воздушного пространства над нашей планетой во многом схожа история открытия космических лучей. И даже началась она около двухсот лет тому назад, почти одновременно с зарождением научного воздухоплавания. А максимум исследовательского энтузиазма в изучении космических лучей совпал с героическим периодом в освоении стратосферы. Недаром их изучение входило в научную программу всех подъемов человека в стратосферу. Но если завоевание стратосферы открыло человечеству дорогу в космос, то поиски источников пронизывающего Солнечную систему космического излучения заставили выйти далеко за пределы Галактики.

Еще не так давно на вопрос, нз чего состонт Вселенная, ответили бы: из звезд, газа н твердой фазы (планеты, космическая пыль н т. д.). Сейчас же, как справедлнво утверждает академик В. Л. Гннзбург, к числу основных элементов нужно безоговорочно добавить н космнческне лучн.

Космнческне лучи прнходят на нашу Землю непрерывно, днем н ночью, год за годом, век за веком. Так было во все времена: н когда на Земле еще не было человека, н когда на планете еще не возннкла жнзнь, и когда нашей Землн не существовало вовсе, только протопланетное облако, нз которого образовались девять планет Солнечиой системы и нх многочисленные спутникн. Все это время космические лучи пронизывалн пространство, н, хотя плотность нх очень невелика — в среднем одна частнца на каждый кубическнй сантнметр,— космическое нзлучение играет далеко не последнюю роль в переносе энергни во Вселенной н даже в формированни изотопного и хнмнческого состава нашей планеты, в частностн.

Обнаруженне этого невндимого, почти ннчем не выдающего своего присутствия, к тому же заметно ослабляемого атмосферой н магнитным полем Земли излучения — одно нз крупнейшнх открытнй XX века.

Впервые с гостями из космоса встретился французский физик О. Кулон в 1785 году (между прочим, в то самое время, когда запускалнсь первые монгольфьеры). Тот самый Кулон, чье нмя носнт знакомый нам еще со школьной скамьн закон взанмодействия электрнческих зарядов. Однако явленне, которое наблюдал Кулон, нн в коей мере не казалось связанным с внеземнымн факторамн. В те времеиа уже было нзвестно, что воздух, нас окружающнй,— хороший нзолятор, т. е. практически не проводнт электрнческнй ток. Кулон заметнл, что металлнческнй проводннк, еслн ему сообщить некоторый электрнческий заряд, находясь на воздухе, постепенно его теряет, даже еслн нзоляцня подставок, на которые этот проводник помещен, не вызывает сомненнй. Электрнческий заряд мог утекать только через воздух — Кулон назвал обнаруженное нм явленне „рассеяннем электрнчества". Это означало, что в действнтельности воздух не является идеальным изолятором: он обладает ничтожно малой электропроводностью.

Эксперименты Кулона былн забыты более чем на сто лет. Однако, как заметнл известный нсследователь космнческих лучей П. Оже, этн заброшенные островки наукн таят в себе секреты, ведущне к новым, важным завоеванням. Хотя ни Кулон, нн его современннки не поняли сути наблюдаемого явления — в XVIII веке никто еще не был подготовлен психологически к встрече с каким-то „космнческнм фактором", влияющнм на результаты чисто земных опытов,— но этн наблюдения не пропалн для науки.

Об опытах Кулона, о непонятной электропроводностн воздуха вспоминлн после открытия радноактивностн. В нсторни современной физики есть однн парадоксальный факт. Откры-

тие радиоактивности, совершившее переворот в представлениях человека об окружающем мире, оказало неожиданное и непредсказуемое действие на умы физиков начала XX века. Человеческое мышление в полной мере испытало на себе гипноз великого открытия. К радиоактивности быстро привыкли; то, что химические элементы могут быть в некоторых случаях нестабильными, подверженными разрушительному действию времени, перестало удивлять, и радиоактивность стали считать явлением глобальным, ответственным за многие процессы, протекающие в природе. Например, за внутреннее тепло Земли и за „горение" Солнца. Один из современников супругов Кюри и А. Беккереля, первооткрывателей радиоактивности, писал: „Казалось, что перед нами — вечный двигатель". Радиоактивность стали искать повсюду: в земной коре, атмосфере, водоемах.

Таинственное „рассеяние электричества" объяснялось теперь просто: незначительные примеси радиоэлементов — радия, тория, урана, присутствующие повсюду на Земле, и вызывают постоянную, хотя и незначительную ионизацию воздуха.

Нужно сказать, что любое излучение, если его энергия превышает энергию связи электронов в атомах, может разрушить атомы, т. е. произвести ионизацию. Но после открытия радиоактивности физики впервые столкнулись с огромными энергиями, не свойственными миру химических соединений. Как выяснилось, радиоэлементы могут излучать α-частицы, т. е. дважды ионизованные, полностью лишенные электронов атомы гелия, β-частицы, представляющие собой электроны, и, наконец, нейтральные, лишенные электрического заряда γ-лучи, по свойствам своим близкие к лучам Рентгена, открытым несколько ранее, чем явление радиоактивности *. Энергии частиц, возникающих при радиоактивных распадах атомных ядер, в миллионы раз превосходят энергию, необходимую для удержания электронов в атоме. Например, α-частица от распада радия способна образовать на своем пути через воздух около 30 000 пар ионов. Таким образом, путь частицы в веществе был отмечен огромным количеством разрушенных атомов. Естественно, что появление в воздухе электрических зарядов — в виде электронов и положительно заряженных ионов — делает его способным проводить электрический ток. Чтобы это произошло, необходимо, конечно, электрическое поле, в котором движение электрических зарядов становится упорядоченным.

Энергично растрачивая свою энергию, α- и β-частицы поглощаются в веществе. Погасить скорость α-частицы могут трех-пяти-сантиметровый слой воздуха, миллиметровая пластинка алюминия или, наконец, очень плотная бумага. Гамма-излучение обладает, как говорят физики, значительно большей

* В дальнейшем стали известны и другие виды радиоактивных превращений, например позитронная, протонная радиоактивность, спонтанное деление ядер.

проникающей способностью, чем заряженные частицы. Это связано с несколько иным механизмом поглощения $\gamma$-лучей в веществе. Заряженные частицы тратят свою кинетическую энергию на ионизацию атомов среды, через которую они пролетают, маленькими порциями раздавая энергию атомам, встречающимся на их пути. Гамма-квант должен отдать всю энергию сразу, прекратив тем самым свое существование. Энергия $\gamma$-кванта либо переходит к электронам, что приводит к увеличению их кинетической энергии, либо тратится на образование пары электрон — позитрон. Во всяком случае, если поставить на пути заряженных частиц слой поглотителя достаточной толщины, то частицы либо застрянут полностью в этом веществе (все частицы, если они имеют первоначально одинаковые энергии), либо выйдут из поглотителя со значительно ослабленной энергией. Слой поглотителя на пути $\gamma$-квантов лишь ослабит их интенсивность, поскольку часть квантов просто выйдет из игры. Для полного поглощения $\gamma$-лучей нужен очень толстый слой поглотителя.

Но вернемся к ионизации атмосферного воздуха. Здесь не все было до конца понятно. Еще в 1901 году Эльстер и Гейтель, исследователи из Швейцарии, и независимо от них английский физик Вильсон установили, что в совершенно замкнутом сосуде воздух всегда немного ионизован. Даже если первоначально присутствующие в нем радиоактивные вещества давно распались. Последующие опыты, в которых принимал участие и Э. Резерфорд, поставили новую загадку. Если замкнутый сосуд со всех сторон окружить толстым слоем вещества, свободного от радиоактивных загрязнений, то ионизация в нем понижается. Но не устраняется полностью! Аналогичный эффект наблюдался, если прибор помещали под водой или слоем льда.

Это могло означать только одно — причина ионизации лежит где-то вне сосуда. Но где же? Может быть, в земной коре? Тогда надо поднять приборы на некоторую высоту над Землей; если радиоактивное излучение полностью поглотится слоем атмосферного воздуха, исчезнет и вызываемая им ионизация.

Первым проделал такой опыт немецкий физик Т. Вульф. Вместе со своим электроскопом он поднялся на Эйфелеву башню и убедился, что с высотой интенсивность излучения, поддерживающего ионизацию воздуха, действительно убывает, хотя и не в той степени, как можно было ожидать исходя из характера поглощения радиоактивного излучения слоем воздуха.

И вот тогда экспериментаторам пришлось по-настоящему оторваться от Земли. Для того, чтобы со всей строгостью доказать, что источником этого проникающего излучения, по-видимому, некоторой разновидности $\gamma$-лучей, являются земная кора и почва. Физики заняли места рядом с пилотами в гондолах аэростатов.

Полеты на воздушных шарах показали, что на небольших высотах излучение, вызывающее ионизацию атмосферы,— его

назвали ультра-γ-излучением из-за еще более высокой, чем у γ-лучей, проникающей способности,— почти не отличается от того, что наблюдается в непосредственной близости от земной поверхности, и даже немного убывает, но дальше... Результаты были ошеломляющие. Начиная с высоты 3000 м ионизация атмосферы постепенно возрастала, и на высоте 5 км она становилась уже в 2—3 раза больше, чем у поверхности Земли.

В 1912 году австрийский физик В. Гесс, впоследствии лауреат Нобелевской премии, после серии полетов на воздушных шарах вынужден был заявить: „Результаты моих наблюдений лучше всего объясняются предположением, что из мирового пространства на границу атмосферы падает излучение очень большой проникающей способности".

## Крик из мирового пространства

День 7 августа 1912 года, когда В. Гесс совершил свой наиболее удачный, по праву названный историческим полет на аэростате, можно считать официальной датой открытия космических лучей.

Современники приняли гипотезу Гесса о внеземном происхождении вызывающего ионизацию атмосферы ультра-γ -излучения весьма скептически. Оказалось, что даже мысленно человеку очень трудно оторваться от поверхности Земли и преодолеть оковы земного притяжения. Потребовалось почти пятнадцать лет наблюдений, прежде чем ярые оппоненты космической гипотезы превратились в ее горячих сторонников.

Сколь необычной ни казалась поначалу гипотеза Гесса, она имела право на существование, а значит, требовала проверки. Приборы поднимали над Землей, и днем, и ночью; опускали в ледниковые трещины; прятали в пещеры. Но солнце уходило за горизонт, а приборы невозмутимо регистрировали невидимое глазом излучение, монотонно, как затяжной осенний дождь, падавшее на Землю.

Вскоре стало очевидным — излучение приходит сверху вниз. Но источник его находится достаточно высоко над поверхностью. А может быть, даже и вне Земли. Но тогда где же? На Солнце? На планетах? Или его нужно искать среди звезд?

Над природой ионизации атмосферы задумывались давно. Еще до того, как была создана экспериментальная база для размышлений об ее причине — феномене ультра-γ-радиации, английский физик Вильсон писал: „Эксперименты, которые будут поставлены в будущем, возможно, покажут, что образование ионов в воздухе, лишенном каких-либо загрязнений, вызывается излучением, возникающим вне нашей атмосферы и аналогичным рентгеновским или катодным лучам, но обладающим значительно большей проникающей способностью". Остается только восхищаться интуицией будущего Нобелевского

лауреата, ибо эти мысли появились в научных дневниках Вильсона в 1901 году.

Практически ни одна из гипотез, связанных с происхождением излучения, вызывающего ионизацию атмосферы, сколь бы наивной или преждевременной, на первый взгляд, она ни казалась, не потерялась безвозвратно на складе науки.

Все гипотезы можно было бы разделить на две группы: „земные", сторонники которых не допускали, что ультра-γ-излучение может приходить откуда-то „извне", и „космические", согласно которым источник ультра-γ-излучения находится вне Земли.

Сторонники „земной" гипотезы предполагали, что ультра-γ-излучение — это электроны очень высоких энергий. Они находятся в верхних слоях атмосферы и ускоряются в электрических полях грозовых облаков. Расчеты показали нереальность этой гипотезы — для ускорения электронов до тех энергий, которые определяют столь высокую проникающую способность излучения, потребовались бы чудовищные электрические поля — в миллиарды вольт.

(Современным астрофизикам ясно: частицы космического излучения действительно должны где-то ускоряться. Конечно, не в земной атмосфере, но в глубинах Космоса, в гигантских естественных электромагнитных полях. И такие поля существуют во Вселенной.)

Сторонники „солнечной" гипотезы предполагаемым источником проникающего излучения считали Солнце. Но в этом случае, как показали расчеты, ионизация верхних слоев атмосферы должна быть по крайней мере в сто раз выше наблюдаемой. Кстати, и прямые эксперименты, проведенные во время солнечного затмения, когда между Солнцем и Землей вставала Луна, не показали резкого падения интенсивности излучения.

В. Кольхёрстер, первым из физиков достигший со своей аппаратурой высоты 9000 м, и другие исследователи считали, что ультра-γ-излучение имеет вторичное происхождение, но вызывается оно излучением Солнца. И действительно, наблюдения за солнечными пятнами и земным магнитным полем, проведенные в последующие десятилетия, показали, что определенная связь между интенсивностью проникающего излучения и деятельностью Солнца все же существует, но считать Солнце единственно ответственным за ионизацию земной атмосферы нельзя.

Не подтвердилась и гипотеза о том, что неизвестная радиация с ее невероятной проникающей способностью — особый вид радиоактивности Солнца, Луны, планет. Особый потому, что по каким-то, пока еще неизвестным причинам его нет на Земле и потому, что его энергия в тысячи и миллионы раз превосходит энергию, выделяемую при радиоактивном распаде на Земле.

Предполагали, что излучение возникает из космической пыли, концентрируясь вокруг Земли в виде колец, подобных тем, что окружают планету Сатурн. (Спустя полвека было

обнаружено, что в околоземном пространстве имеется гигантская магнитная ловушка. Земля окружена, правда, не кольцами, а замыкающимися на магнитные полюса гигантскими поясами, и оседает в них не космическая пыль, а заряженные частицы, приходящие из космического пространства.)

В. Нернст, автор теории „тепловой" смерти Вселенной, считал, что процесс образования излучения протекает совместно с процессом звездообразования. А значит, ультра-γ-лучи следует искать в тех областях Млечного пути, где недавно, по космическим масштабам, возникли молодые звезды-гиганты.

Уже в 20-е годы американские физики Милликен и Камерон пытались найти источники излучения в небесной сфере. Эксперименты ставились на площадке, со всех сторон окруженной горами, а аппаратура нацеливалась на Млечный путь. Однако никаких точечных источников обнаружить не удалось.

В 1928 году Р. Милликен предположил, что ультра-γ-лучи образуются за счет энергии, высвобождающейся при синтезе тяжелых элементов из первичного водорода Вселенной. При распаде известных радиоэлементов такие огромные энергии не выделяются, но если в природе осуществляется не только распад, но и синтез новых ядер, то знаменитое соотношение Эйнштейна $E=mc^2$ позволяет рассчитывать на выделение огромных энергий. Милликен считал, что космические лучи — это „первый крик" атомов, непрерывно рождающихся в мировом пространстве.

Кстати, профессор Р. Милликен был одним из тех ученых, кто первоначально сомневался в правильности гипотезы В. Гесса. Им и его сотрудниками в 1923—1926 годах была выполнена серия измерений как на больших высотах, так и на больших глубинах. Последние измерения необходимы были для того, чтобы получить представление о характере поглощения ультра-γ-излучения в веществе, более плотном, чем воздух. Опыты на озерах Южной Калифорнии, расположенных на различных высотах над уровнем моря, развеяли последние сомнения. В нашей стране подобные опыты проводились на Онежском озере Мысовским и Тувимом в 1925 году.

Одним из первых ученых, признавших внеземную природу ультра-γ-излучения и экспериментально подтвердивших свою точку зрения, был ленинградский физик профессор Л. В. Мысовский. В 1926 году Л. В. Мысовский и Л. Р. Тувим обнаружили так называемый барометрический эффект. Оказалось, что интенсивность ионизации воздуха зависит от атмосферного давления, т. е. от плотности вещества, которое излучению приходится преодолевать.

Термин „космические лучи", введенный Р. Милликеном, в 20-е годы вытеснил прежние названия — „Höhenstrahlung" * и „ультра-γ-излучение". Правда, в Америке космические лучи еще некоторое время называли лучами Милликена, а в Евро-

* Высотное излучение *(нем.)*.

пе — лучами Гесса, но это воспринималось как дань уважения ученым, не более.

Идея о том, что космические лучи сопровождают звездную эволюцию и что за их появление ответственны внутриатомные процессы, связанные с синтезом и распадом ядер, настойчиво проникала в умы ученых, еще не оправившихся от „радиоактивного шока". Академик Д. В. Скобельцын впоследствии писал: „Считалось, что установленные факты могут быть истолкованы согласно готовым схемам, испытанным на изучении явления радиоактивности, что налицо радиация, вполне подобная по своим свойствам обычному радиоактивному излучению, отличающаяся лишь количественными признаками".

После фундаментального открытия космической природы приходящего на Землю излучения можно было ожидать, что физика космических лучей приобретет черты науки зрелой, покончит с романтикой первых открытий, что настанет пора размышлений, обработки результатов, построения теории. Однако до этой спокойной поры было еще далеко.

### На земле, в небесах и на море...

Каждая наука знает одну или несколько героических эпох, отмеченных особым исследовательским энтузиазмом, когда появляется иллюзорная надежда достичь недостижимого и найти наиболее легкое решение многих „вечных" вопросов. В исследовании космических лучей такой героический период безусловно был связан со стратосферными полетами.

Профессор Огюст Пиккар хорошо знал и понимал состояние исследований в области космических лучей и атмосферного электричества, хотя и не был узким специалистом в этих направлениях науки. Он справедливо считал, что понимание природы космических лучей „приблизит нас к разрешению фундаментальных проблем науки и техники". Поэтому в научной программе полетов в стратосферу Пиккар отводил космическим лучам первое место.

Изучать космические лучи непросто даже в лабораторных условиях — слишком малы производимые ими эффекты. Ведь на уровне моря в каждом кубическом сантиметре воздуха за счет космических лучей образуется всего около 1,5 иона в секунду. Но эксперименты в гондоле стратостата или при помощи аппаратуры, поднятой шарами-зондами, несмотря на увеличение ионизации воздуха с высотой, относятся к числу труднейших.

Опыты, проведенные в Америке Робертом Милликеном, одним из признанных экспериментаторов мира, были широко известны. Но принесли ли они принципиально новую информацию о космических лучах? Этот вопрос задавал себе профессор Пиккар. Увы, нет. Только некоторое уточнение хода интенсивности космических лучей с высотой. А опыты Кольхёрстера,

преодолевшего две трети вещества земной атмосферы, служили прекрасным дополнением к измерениям Виктора Гесса, отличавшимся тщательностью и аккуратностью.

Чтобы получить новые результаты, необходимо подняться еще выше. Однако после первого своего полета, позволившего взглянуть на Землю с высоты почти 16 км, профессор Пиккар не без некоторой грусти написал: „Следует признаться, что основная цель, которую мы преследовали, не достигнута".

Не принес разгадки космических лучей и второй полет, к которому отважный исследователь тщательно готовился. По иронии судьбы шары-зонды, посланные немецким физиком Э. Регенером за несколько дней до старта О. Пиккара, достигли высоты 28 км. Стратостат Пиккара, естественно, так высоко подняться не мог, а результаты Пиккара и Регенера, уточняющие качественную картину прохождения космической радиации через земную атмосферу, в общих чертах совпали. Никто на Земле еще не знал, что для получения новой информации — но отнюдь не разгадки природы космических лучей — необходимо поднять приборы над поверхностью Земли на тысячи километров.

Несмотря на значительное количество измерений интенсивности космических лучей, проведенных на различных высотах как автоматически, при помощи шаров-зондов, так и непосредственно физиками, поднимавшимися на воздушных шарах, характер изменения интенсивности космических лучей с высотой не мог считаться окончательно установленным. Данные различных авторов нередко расходились между собой. Результаты Милликена и Пиккара, Кольхёрстера и Регенера далеко не всегда совпадали. Что стоит за этими расхождениями — ошибки в наблюдениях, несовершенство приборов или же физические эффекты, например колебания интенсивности космических лучей? Но не исключено, что приборы весьма чувствительны к внешним условиям: температуре окружающего воздуха, случайным вибрациям и сотрясениям. Как добиться максимально объективных результатов — этот вопрос всегда ставил перед собой ленинградский физик А. Б. Вернго.

Наиболее благоприятным местом для наблюдений над космическими лучами долгое время считались горы, особенно если их склоны покрыты ледниками. Уже было установлено, что $\gamma$-излучение от радиоактивных веществ, рассеянных в земной коре, вызывает ионизацию воздуха в два-три раза бо́льшую, чем сами космические лучи на уровне моря. Но вода рек, озер, морей содержит так мало радиоактивных веществ, что их излучение не может быть замечено даже самым чувствительным электрометром. Кроме того, вода — отличный поглотитель $\gamma$-лучей. Слой воды толщиной 2 м способен ослабить интенсивность проходящих через него $\gamma$-лучей почти в 1000 раз. Поэтому ледники прекрасно экранируют установленные на них приборы от естественного радиоактивного излучения земной коры.

Именно на ледниках можно было рассчитывать на „чистый" эффект, вызываемый космическими лучами.

В 1928 году профессор А. Б. Вериго приступил к высокогорным измерениям космической радиации, впервые в нашей стране. „Моей задачей было сделать измерения интенсивности радиации на возможно большей высоте, проследить за ее увеличением и сделать наблюдения над ее колебаниями в течение суток".

Первая экспедиция на Эльбрус состоялась летом 1928 года. Хорошей дороги к подножию Эльбруса тогда еще не существовало. И весь путь в 350 км с огромным грузом за плечами пришлось преодолевать по горным дорогам пешком.

Вериго, не будучи альпинистом, в течение двух недель тренировался в горной ходьбе, бродя по перевалам и ледникам. И все же было несколько моментов в пути, когда ученый чувствовал себя на грани возможностей. Для измерений были намечены два пункта на Эльбрусе — „Приют одиннадцати" на южном склоне (4250 м над уровнем моря) и восточный склон (5593 м).

Два носильщика согласились сопровождать Вериго к „Приюту одиннадцати". „Приют" — группа диких скал, возвышающихся на снежном поле,— после крутых подъемов, пересечения ледников, после буйствующих в горах жестоких ветров показался Вериго благословенным убежищем. Однако погода не баловала исследователя. Несколько дней пришлось просидеть в осаде: разыгравшаяся метель погрузила все вокруг в густую снежную кашу. „Я проводил измерения интенсивности космических лучей, хотя сильный мороз (−20 °C) и резкий ветер очень понижали мою работоспособность... Памятна одна серия измерений, проведенных непрерывно в течение тридцати часов,— несмотря на теплую одежду мне казалось, что мой мозг леденеет..."

Круглосуточные измерения необходимы были для проверки гипотезы о суточных колебаниях интенсивности космической радиации. Такую гипотезу высказал немецкий коллега Кольхёрстер. Согласно данным измерений, выполненных Кольхёрстером на горе Юнгфрау в Альпах, на высоте 3500 м над уровнем моря, колебания интенсивности космических лучей достигали 15 %. Результаты, полученные Вериго, говорили о том, что суточный ход интенсивности космического излучения (с точностью до ошибок эксперимента) отсутствует. Милликен тоже утверждал, что источники космических лучей распределены в мировом пространстве равномерно, т. е. что интенсивность космического излучения не зависит от положения того или иного объекта на небесной сфере.

Когда погода установилась, Вериго с проводником предприняли дальнейшее восхождение на восточную вершину Эльбруса. О трудностях этого перехода едва ли стоит говорить, но даже дорога к отступлению была отрезана. Когда Вериго достиг вершины, его ждало разочарование. Работать было нель-

зя. Вершина оказалась совершенно свободной от снега и льда, которые, по мысли экспериментатора, должны были изолировать аппаратуру от радиоактивного излучения горных пород. Пришлось спуститься на 150 м ниже, чтобы провести измерения на мощном ледике.

В последующие два года А. В. Вериго повторял свои экспедиции на Кавказ для проверки и уточнения наблюдений. Летом 1930 года носильщик сопровождал ученого только до уже знакомого „Приюта одиннадцати". Дальнейший путь пришлось делать самому. Опыт предыдущих восхождений оказался недостаточным, к тому же был выбран самый трудный маршрут — в лоб к вершине. Ночь застала Вериго на крутом ледяном склоне, мороз достигал −25 °С, а ветер перерастал в настоящую бурю...

Во время экспедиции на Кавказ был поставлен рекорд высокогорных измерений — 5400 м над уровнем моря.

А как ведут себя космические лучи, попадая в воду? Ряд работ, посвященных этому вопросу, был выполнен профессором Милликеном, который погружал электрометры в воду на различные глубины. Однако приборы в опытах американского ученого не были застрахованы ни от колебаний температуры, ни от случайных сотрясений, а это не могло не сказаться на точности результатов.

Вериго решил исследовать поглощение космических лучей в воде. Идеальным местом для проведения подобных измерений могла служить подводная лодка. Сказано — сделано. Эти опыты, проведенные профессором Вериго в начале лета 1930 года, запомнились ему не меньше, чем буря на ледовом склоне Эльбруса.

...Подводная лодка медленно погружалась, задерживаясь на тех глубинах, где профессору Вериго необходимо было сделать измерения. Интенсивность космического излучения, как и следовало ожидать, падала. Однако на глубине около 30 м произошло непредвиденное. Показания приборов сделали столь резкий скачок, что объяснить это случайным всплеском космических лучей не представлялось возможным. В чем же дело? А что, если в подводной лодке находится радиоактивное вещество? Ведь достаточно ничтожного его количества, чтобы повлиять на показания приборов.

Вериго „с пристрастием" осмотрел свои вещи, но ничего подозрительного не нашел. Командир с сочувствием и некоторой тревогой и даже обидой за свою подлодку неотступно следовал за профессором. И тут Вериго сообразил, что источником радиоактивного загрязнения может быть он сам, точнее его одежда. Ведь в Государственном радиевом институте, сотрудником которого он состоял, ему постоянно приходилось иметь дело с радиоактивными веществами. И на его одежду могли попасть капли радиоактивного раствора или микроскопические радиоактивные пылинки. На глазах у изумленного капитана „очной ставке" с электрометром подверглись все составные

части одежды и обувь профессора. Виновниками необычного эффекта оказались пиджак и жилет ученого. Когда их убрали из каюты, где проводились измерения, „бунт" приборов прекратился.

Сопоставление высокогорных и подводных измерений еще раз показало, что космические лучи состоят из „мягкой" и „жесткой" компонент. До поверхности Земли доходит лишь 0,3 % мягких лучей и 75 % жестких.

А что если электрометр окружить слоем металла? Тогда можно будет исследовать прохождение космических лучей сквозь вещество более плотное, чем вода. И опять-таки имеющиеся в научной литературе сведения по этому вопросу противоречивы.

„У меня явилась мысль, что проще всего провести измерения в канале крупнокалиберного морского орудия, находящегося в толстостенной башне броненосца",— писал А. Б. Вериго. Эта идея оказалась вполне осуществимой. И многочисленные измерения, проведенные на борту линкора при помощи электрометра, помещенного непосредственно в стволе орудия крупного калибра,— такую возможность любезно предоставило командование Балтийского флота — показали, что через металл космические лучи распространяются по тому же закону, что и через слой воды соответствующей толщины.

Профессор Вериго отлично понимал, что на дне воздушного океана мы имеем дело лишь с ослабленным в сотни раз излучением. Измерения Вериго и Милликена, сделанные на различных высотах, хорошо совпадали между собой, но опыты Кольхёрстера на аэростате давали значения интенсивности радиации вдвое бо́льшие. Высотные измерения, сделанные и пионером стратосферы О. Пиккаром, и Р. Милликеном, и Э. Регенером, и К. Годуновым на стратостате „СССР", кстати, по методу и с помощью приборов, сконструированных самим Вериго, нуждались в согласовании и уточнении. Для профессора Вериго это означало лететь самому.

Такой случай представился летом 1935 года. Когда командир стратостата „СССР" Г. Прокофьев сказал после полета, что стратостат вполне пригоден для повторного полета в стратосферу, он был прав. Спустя два года стратостат, теперь уже „СССР-1 бис", с пламенеющей на голубой поверхности гондолы надписью „СССР — USSR" снова готовился к старту.

Биографии советских летчиков-стратонавтов 30-х годов во многом сходны. И командир стратостата „СССР-1 бис", кавалер ордена Красного Знамени, Кристиан Зилле, и второй пилот, инженер, выпускник Военно-Воздушной академии, Юрий Прилуцкий, были участниками гражданской войны, имели большой опыт службы в рядах Красной Армии. К моменту старта Зилле провел в воздухе уже 500 часов. В июле 1935 года Зилле и Прилуцкий совершили два высотных полета на аэростате, достигнув высоты 8500 и 10 500 м. Третье место в

гондоле „СССР-1 бис“ было предложено занять профессору А. Б. Вериго.

К своему рекордному полету Вериго готовился с особой тщательностью. Основной научной задачей полета по-прежнему было исследование космических лучей.

В стратосферу летали уже многие исследователи, поэтому главное внимание в этом полете должно было быть сосредоточено на объективности получаемой информации. Знакомая нам

Интенсивность космических лучей по измерениям А. Б. Вериго на стратостате „СССР-1 бис“.

**По оси абсцисс — давление атмосферы в миллиметрах ртутного столба, по оси ординат — интенсивность космических лучей в условных единицах.**

по полету Г. Прокофьева и его товарищей гондола (шар диаметром 2,5 м с восемью стойками, образующими каркас гондолы) вместила различные оптические и метеорологические приборы, отличающиеся формой, размерами и материалом, из которого они были изготовлены. Но все пять электрометров, взятых в полет, среди которых был и электрометр Гесса, показания которого автоматически регистрировались на фотопленку, и электрометр Вульфа, и прибор Кольхёрстера, предназначенные для визуальных измерений, служили одной задаче — независимому и одновременному измерению интенсивности космических лучей.

Две камеры Вильсона, работающие в магнитном поле напряженностью 1000 Гаусс, предназначены были для наблюдения следов отдельных космических частиц в стратосфере.

Вериго разработал специальную конструкцию камеры Вильсона, габариты которой позволяли разместить установку непосредственно на лабораторном столе; ее вес (около 10 кг) и потребляемая мощность (источником питания служила батарея аккумуляторов напряжением 12 В) также соответствовали условиям стратосферного полета. Камера была изготовлена в мастерских Государственного радиевого института и летом 1934 года испытана на склонах Эльбруса.

Предполагали, что подъем стратостата „СССР-1 бис" будет длиться около двух часов, чтобы успеть сделать необходимые измерения на промежуточных высотах. Во время подъема Вериго должен был сравнивать показания электрометров, на „потолке" же, когда стратостат уравновесится и начнет медленно плыть по невидимым воздушным волнам, наступит очередь работать с камерой Вильсона. Однако до конца эти планы не были реализованы. Тяжелые условия полета перечеркнули те надежды, которые ученый возлагал на камеру Вильсона собственной конструкции.

Стартовали ранним утром 26 июня 1935 года. Однако подъем происходил несколько быстрее расчетного. И Вериго пришлось поторопиться, считывая параллельные показания приборов. Потом, рассказывая журналистам о своих впечатлениях от полета, он признается, что в стратосфере ему прежде всего не хватало времени.

Через полтора часа после старта, в 6 часов 55 минут, стратостат уравновесился на высоте 16 км. Вериго успел сделать всего несколько снимков с помощью камеры Вильсона, как начался самопроизвольный спуск стратостата. Оказалось, что оболочка повреждена и водород медленно вытекает из нее. Гондолу трясло и швыряло из стороны в сторону. Стало ясно, что предстоит вынужденная посадка.

Чтобы замедлить скорость падения стратостата, сбросили балласт. За борт полетел и свинец, служивший в опытах Вериго поглотителем космических лучей. Через некоторое время на парашютах отправили и аккумуляторы, питающие камеру Вильсона. После сбрасывания свинцового балласта условия наблюдения космических лучей в гондоле резко изменились, и верный себе Вериго с лихорадочной поспешностью воспользовался случаем провести серию измерений при отсутствии свинцового экрана. От этого занятия его отвлек приказ командира:

„Инженеру и ученому надеть парашюты". Высота 9 км, запас балласта израсходован полностью. Скорость спуска несколько замедлилась, но все же была достаточно велика. Надо прыгать с парашютом. Для профессора Вериго это не было неожиданностью.

У открытого люка на мгновение замер Прилуцкий с фотоаппаратом, чтобы последний раз запечатлеть далекую, как географическая карта, землю.

Вериго нырнул навстречу приближающейся земле первым, затем из гондолы выбросили еще два ящика с аппаратурой, после чего прыгнул Прилуцкий. В гондоле спускался только командир Зилле — его присутствие в кабине помогло сохранить приборы и контейнеры с пробами воздуха, прикрепленные снаружи гондолы и на стропах. В 8 часов 02 минуты стратостат „СССР-1 бис" совершил, как теперь принято говорить, мягкую посадку в районе Тулы.

В дневнике Ильи Усыскина есть такие слова: «Если меня спросят, что я делал в годы первых пятилеток, я отвечу: „Изучал космические лучи"».

Профессор Александр Брониславович Вериго тоже изучал в это время космические лучи — „самое грандиозное из известных нам явлений в природе".

## Годы великих открытий

До 1927 года космическая радиация рассматривалась, по словам академика С. Н. Вернова, как некое геофизическое явление, вызывающее ионизацию атмосферы. Все внимание исследователей было сосредоточено на изучении характера поглощения этого излучения, очень похожего, как предполагали, на радиоактивное γ-излучение. Экспериментальная техника того времени позволяла наблюдать лишь конечный эффект, производимый космическими лучами: многочисленные электроскопы, электрометры, ионизационные камеры давали сведения об ионизации вещества, через которое проходила космическая радиация. Между тем специалисты по радиоактивности уже научились „видеть" следы отдельных заряженных частиц, возникающих в процессе ядерных превращений.

Один из таких приборов был создан английским ученым Ч. Т. Р. Вильсоном, имя которого упоминалось при обсуждении гипотез о происхождении космического излучения. Принцип работы этого прибора состоит в следующем: объем заполняющего камеру пара, находящегося в состоянии насыщения, резко увеличивается. Если в это время через сосуд пролетает заряженная частица, то ионы, возникающие вдоль ее траектории, становятся центрами конденсации тумана. Капельки тумана растут, и след частицы становится как бы отмеченным ими. Следы частиц, полученные таким образом, фотографируются при помощи вмонтированного в окошко обычного фотоаппарата.

В 1927 году ленинградский физик Д. В. Скобельцын, экспериментируя с камерой Вильсона, помещенной в магнитное поле, сфотографировал следы частиц, траектория которых практически не была искривлена магнитным полем, что говорило об их исключительно высокой энергии. При радиоактивном распаде такие частицы возникнуть не могли. Оставалось предположить, что они имеют космическое происхождение. Скорее всего, эти следы оставляли в камере Вильсона электроны, образованные первичными космическими фотонами.

Следующий удар общепринятым представлениям нанесли немецкие физики Боте и Кольхёрстер, впервые применившие для исследования космических лучей прибор, изобретенный их

соотечественниками Гейгером и Мюллером, всем физикам известный как счетчик Гейгера — Мюллера *.

В опытах Боте и Кольхёрстера счетчики Гейгера — Мюллера, размещенные друг под другом и включенные определенным образом в так называемую схему совпадений **, часто срабатывали одновременно, даже если между счетчиками помещали золотую пластину толщиной около 4 см. Это означало, что через оба счетчика проходила частица, которую не мог задержать поглотитель. Вероятность случайных совпадений, вызываемых двумя независимыми частицами, в один и тот же момент попавшими в счетчики, была слишком мала, чтобы это событие реализовалось так часто, как его наблюдали Боте и Кольхёрстер. И еще: проходившая через оба счетчика частица не была электроном, поскольку электроны, даже если они возникали при поглощении космических γ-квантов, преодолеть золотой фильтр такой толщины не смогли бы.

Молодой итальянский физик Б. Росси пошел дальше — он включил в схему совпадений сразу три счетчика. Оказалось, что значительная часть излучения (до 60 %) способна преодолеть метровый слой свинца. А максимальный пробег β-лучей от радиоактивного источника составлял всего доли миллиметра. Получалось, что космические лучи обладают чудовищной энергией — миллиарды электрон-Вольт. Даже при синтезе тяжелых элементов не могла бы выделиться такая энергия. Таким образом, столь привлекательная для физиков гипотеза Р. Милликена, объяснявшая происхождение космических лучей именно этим процессом, отпадала. Еще раз приходилось убедиться в том, что космическое излучение не имеет земных аналогов. Впервые вопрос о природе космических лучей встал со всей остротой. Что это? Сигналы далеких звезд, или же дыхание мирового пространства, или действительно „крик" рождающихся атомов? Для многих исследователей, по словам Б. Росси, открытия тех лет стали „вспышкой света, осветившей новый мир, полный таинственности, никем еще не изученный".

Великие открытия коснулись и учения о радиоактивности: 1932 год остался в истории науки как год зарождения ядерной физики.

Прежде всего был открыт еще один вид проникающего

* Счетчик Гейгера-Мюллера представляет собой наполненную газом металлическую или стеклянную трубку, в которую введены электроды, создающие сильное электрическое поле. Ионы, возникающие при попадании в счетчик частицы, ускоряются в электрическом поле и вызывают вторичную ионизацию газа, заполняющего объем счетчика, что приводит к усилению эффекта ионизации, производимой первичной частицей.

** Схема совпадений, широко применяемая в ядерной физике, представляет собой способ включения двух или большего количества счетчиков, при котором выходной сигнал формируется только в том случае, если частица, вызывающая ионизацию, проходит через все счетчики.

излучения. Подобно γ-лучам, это излучение не оставляло никаких следов в камере Вильсона и не отклонялось магнитным полем. Это нейтральное излучение возникало при бомбардировке атомных ядер α-частицами. Оно состояло из невидимых, нейтральных частиц, имевших массу протона, но, в отличие от него, лишенных электрического заряда.

Нейтрон — так назвали новую частицу еще задолго до ее появления на арене физики, поскольку ее открытия ждали,— занял прочное место в атомном ядре. Вскоре после открытия нейтрона советский физик Д. Д. Иваненко высказал предположение, что строительным материалом атомных ядер должны быть протоны и нейтроны, а не протоны и электроны, как считали раньше. Дальнейшее развитие физики блестяще подтвердило гипотезу советского ученого.

Другим открытием, коренным образом изменившим многие представления о кирпичиках мироздания, было обнаружение позитрона — частицы с массой электрона и положительным электрическим зарядом. Существование таких частиц было предсказано известным английским физиком-теоретиком П. Дираком в 1928 году. Сначала к его работе отнеслись несколько скептически, как к издержкам теории. Но когда в 1932 году К. Андерсен, американский физик, увидел в камере Вильсона след позитрона, в теорию, которую не принимали достаточно серьезно, пришлось поверить.

Забегая вперед, заметим, что предсказание Дирака относительно существования античастиц распространяется на все элементарные частицы, которых сейчас насчитывается гораздо больше, чем химических элементов в таблице Менделеева. И все они имеют электрических антиподов.

Еще одно открытие выдвигало космическую радиацию на совершенно особое место среди известных на Земле видов излучений.

Еще Д. В. Скобельцын заметил, что иногда на снимках в камере Вильсона в кадре появляются сразу две-три частицы. Конечно, эти частицы могли попасть в рабочий объем камеры в один и тот же момент случайно и независимо друг от друга. Но, как показал строгий математический анализ, наиболее вероятно предположение, что частицы попали в камеру не случайно и что между ними должна существовать генетическая связь.

Спустя несколько лет после опытов Скобельцына английскому физику П. Блэккету и итальянцу Д. Оккиалини, работавшим в Кембридже, удалось сконструировать камеру Вильсона, управляемую счетчиками. Это позволило существенно повысить эффективность регистрации космических лучей — теперь камера срабатывала только в том случае, если через нее проходила редкая космическая гостья.

Первые же фотографии, полученные Блэккетом и Оккиалини, выявили важную особенность космических лучей. На снимках было отчетливо видно, что, проходя через вещество, косми-

ческие частнцы „размиожаются“ и превращаются в лнвнн частнц. Особенно мощные лнвни возннкалн, еслн рабочий объем камеры перегоражнвалн пластннами поглотнтелей — свинца нлн графита.

Прнрода космнческнх лучей оказалась значнтельио сложнее, чем могло представнть себе самое изощренное воображеиие. Открытне лнвней показало, по словам известного советского фнзнка Н. А. Добротниа, что в космнческнх лучах протекают процессы, ие нмеющие аналогов в области меиьшнх эиергий. Пноиерскне работы Д. В. Скобельцыиа, впервые увндевшего в космнческих лучах иебывалые по тем времеиам эиергии, знамеиовалн иачало иового этапа в изучении окружающего мнра — физнкн высокнх эиергнй.

## В магинтиой ловушке

С давинх пор известно, что иаша Земля — гнгантский магннт. Еслн раднацня, прнходящая нз мнрового пространства, имеет электромагннтную прнроду, т. е. представляет собой поток фотоиов, то земиое магннтное поле не должно на нее действовать. И, зиачит, иоинзация атмосферы вблнзи поверхиости Земли одниакова в любой точке плаиеты. Это, в общем, и подтверждалось первымн, довольио грубымн измерениями.

А еслн раднацня представляет собой поток заряжениых частиц, то магинтиое поле будет их отклонять н у магннтиых полюсов нитенснвность нзлучеиия будет выше, чем в районе экватора. Чтобы проверить эту гипотезу, фнзикн сиова превратились в путешествеиинков.

В том же 1927 году, когда Д. В. Скобельцын ставнл свои знамеинтые опыты с камерой Вильсона в магинтиом поле, голландскнй фнзик Дж. Клей совершил путешествие от Лейдена до Явы. В райоие Суэцкого канала ои обиаружил небольшое (всего иа иесколько процентов) поинжеине интеисивиости космнческой радиацнн. В последующне годы Р. Мнллнкеи с сотрудиикамн пересек Северную и Южную Амернку. Но ннкакой разинцы между ннтенснвиостью космнческого дождя в Боливин (19° ю. ш.), Калнфорнни (34° с. ш.) и Каиаде (59° с. ш.) не было обнаружено. Это утверднло Мнлликеиа в мысли, что космическое излучеиие имеет нейтральиую прнроду и влняиию земного магнитного поля, следовательио, не подвержено.

Однако более точиые измереиия подтверднлн справедливость данных Дж. Клея. Учеиые поинмали, что, какова бы ни была прнрода космической раднацнн, это явленне глобальное. И необходимо снстематнческое иаблюденне за ней, наподобие Службы Солица, созданной еще в XVII веке.

В 1930 году амернкаискнй фнзик А. Комптон органнзовал такне нзмереиня космнческих лучей в масштабе плаиеты. Шестьдесят девять стаицнй, расположеииых иа различных ши-

ротах, давали сведения об интенсивности космических лучей не только на уровне моря, но и на высотах до 5 км.

Последние сомнения развеялись — ионизация атмосферы, а следовательно и интенсивность космического излучения, зависит от географического положения наблюдателя. Приближаясь к Земле, космические лучи попадают в гигантскую магнитную ловушку, прорваться через которую под силу только очень энергичным частицам. Остальные же магнитным полем Земли до поверхности не допускаются.

Окончательное открытие широтного эффекта не только на уровне моря, но и в стратосфере связано с именем советского физика С. Н. Вернова. К его опытам мы еще вернемся.

Следует отметить, что исследователи космических лучей прошли тот же путь, что и метеорологи: сначала — отдельные полеты наблюдателей на воздушных шарах, затем запуски шаров-зондов и, наконец, передача информации из верхних слоев атмосферы по радио.

Первые исследователи космических лучей вынуждены были сопровождать свою аппаратуру в полетах, чтобы следить за показаниями приборов. Группа Милликена позаимствовала у метеорологов метод шаров-зондов, значительно удешевивший стратосферные эксперименты. В опытах Милликена электроскопы поднимались в воздух при помощи двух шаров. На определенной высоте один из баллонов разрывался, а второй, с аппаратурой, плавно опускался на Землю. Во время полета показания электроскопа регистрировались на фотопленку, которую проявляли и анализировали уже на Земле. Шары-зонды Милликена достигали высоты около 15 км, тогда как в экспериментах, проводимых на борту аэропланов, максимальные высоты подъема составляли не более 5 км. Дальнейшее усовершенствование самопишущих электроскопов связано с именем немецкого физика Э. Регенера, осуществившего наиболее точные измерения ионизации атмосферы на различных высотах.

Постепенно становилось ясно, что нужны регулярные и массовые наблюдения за космическими лучами в стратосфере. Однако стратосферные полеты были дороги и не всегда, к сожалению, безопасны для экипажа.

Шары-зонды можно было посылать в стратосферу значительно чаще, чем стратостат с пилотом, и достигали они гораздо бо́льших высот, но с проблемой их поиска после приземления уже столкнулись метеорологи. Случалось, что при падении шаров-зондов на землю аппаратура разбивалась, а значит, и результаты полетов для науки оказывались потерянными.

Для метеорологов эту проблему решил радиозонд. А что если идею передачи радиосигналов использовать и для регистрации космических лучей?

...Скупые строки отчета почти полувековой давности, хранящегося в Библиотеке Академии наук, сообщают о том, что

„опыт по регистрации космнческих лучей на борту аэроплана произвел аспирант Радиевого института Вернов..."

Полет этот не был рядовым — в ходе эксперимента данные о космнческих лучах впервые в мире передавались по радно. Эта работа была выполнеиа молодым исследователем под руководством профессора П. А. Молчанова и Л. В. Мысовского.

Для регнстрацнн космических лучей С. Н. Вернов предложил нспользовать уже снискавшие себе популярность в ядерной физнке счетчнкн Гейгера — Мюллера. Сам факт регистрацнн космнческих лучей передать на Землю несложно: импульсы, вызываемые прохождением космической частнцы через счетчнк, приводнлн в действие электромагнитное реле, которое на короткое время включало раднопередатчик, посылавший сигнал на Землю. Таким образом, для подсчета числа частиц достаточно было просто сосчитать радиосигналы. Однако нужно было еще знать, на какой высоте в данный момент находится аппаратура. Для нзмерения высоты П. А. Молчанов предложнл воспользоваться обычным барографом. На определенных высотах барограф автоматнчески включался, в этот момент работали не один, а сразу два счетчика — сигнал экспериментаторам, что барограф включен. А по длнтельности „двойного счета" можно было судить о высоте, на которую подиялнсь прнборы. Установка была снабжена терморегулятором — чувствительность и стабнльность работы прнборов не должны были меняться в стратосфере.

И наконец, миниатюрная электростанция питала усилитель электрнческнх сигналов, раднопередатчнк н счетчики. Вес первой „летающей лабораторнн" составил 28,6 кг, но уже год спустя удалось снизить его почти на 10 кг. И все же установка была значительно тяжелее обычного раднозонда. Поэтому испытания решили провестн на самолете, чтобы исключить риск потерять первый образец лаборатории, запуская ее на воздушном шаре. Первая в мире автоматнческая станция, регнстрирующая космические лучи н передающая данные измерений по радио, стартовала под Ленинградом вблизи станции Шоссейная. Это было в июне 1934 года.

„Полет показал, что прнборы работали нормально",— рассказывал позднее С. Н. Вернов. Мы уже сотни раз слышали такие слова: „Установленная на борту космического корабля аппаратура работает нормально". Но для 30-х годов это „нормально" звучало впервые. Никто не знал, что скоро, очень скоро наступит космическая эра. Даже самые смелые прогнозы обещали космические полеты в конце двадцатого века. И, конечно, никто тогда не предполагал, что прибор, который испытывал будущий академик С. Н. Вернов, окажется прообразом будущих космических станций, будущих „Протонов" и „Электронов".

Первый полет автостратостата состоялся в апреле 1935 года. Установка достигла высоты 13 600 м. Радиопередача была непрерывной вплоть до того момента, пока один из несущих

установку шаров не лопнул и не начался спуск. Данные об интенсивности космических лучей на различных высотах хорошо совпадали с результатами Регенера. А сведения об интенсивности вертикального потока космической радиации были получены С. Н. Верновым впервые.

В 1936 году профессором П. А. Молчановым была организована экспедиция в Ереван. Исследование космических лучей с помощью радиозонда окончательно превратило ультра-γ-излучение в достояние истории. Под Ереваном (40° с. ш.) интенсивность космических лучей была ниже, чем в районе Ленинграда, расположенного на 60-й параллели. Это еще раз говорило о том, что земное магнитное поле влияет на траектории космических частиц. После этих опытов никто уже не сомневался, что первичное космическое излучение, приходящее из глубин Вселенной, обладает электрическим зарядом.

Космический радиозонд еще раз подтвердил закон, которому следует развитие науки: применение принципиально новых методов исследования неизбежно ведет к открытиям. Этот прибор положил начало интенсивному изучению не только стратосферы, но и космоса.

В 1949 году советские физики продолжили широтные исследования, на этот раз в районе экватора. Стартовой площадкой для запуска „летающих лабораторий" служило научно-исследовательское судно АН СССР „Витязь". Опыты показали, что на экваторе интенсивность космических лучей еще ниже, чем в Ереване. Однако космические лучи оказались носителями не только электрического заряда, но и гигантской, недостижимой инженерным путем энергии. Несмотря на все успехи ускорительной техники во второй половине XX века, лучшие ускорители в ближайшем будущем позволят получить энергии $10^{14}$—$10^{16}$ эВ, что на пять — семь порядков меньше максимальных энергий, наблюдаемых у частиц первичного космического излучения. Космические лучи остаются пока рекордсменами в области сверхвысоких энергий.

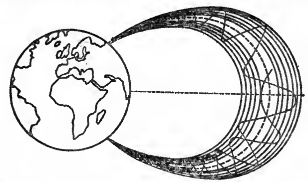
Так что же такое первичное космическое излучение? Ответ напрашивается сам собой: раз это не γ-кванты — значит, потоки протонов и электронов. Других частиц тогда просто не знали. Конечно, окончательный ответ мог дать только эксперимент. Но для такого эксперимента нужны были мощные магнитные поля и камеры Вильсона. О работе с таким оборудованием в стратосфере мечтали многие.

Илья Усыскин, готовясь к полету, разработал малогабаритную камеру Вильсона. Александр Вериго сумел разместить в гондоле стратостата „СССР-1 бис" сразу две камеры Вильсона собственной конструкции с магнитным полем напряженностью 1000 Гаусс, но трудные условия полета не позволили получить качественные снимки.

Впрочем, был еще один способ получить сведения о природе первичного излучения из космоса — использовать естественное магнитное поле Земли.

## Геомагнитные эффекты

Лавина открытий, обрушившихся на физику в 30-е годы, еще не могла дать ответа на основной вопрос, поставленный после работ В. Гесса: что такое космические лучи, приходящие на границу атмосферы из мирового пространства? Гипотеза о корпускулярной природе этого излучения постепенно обрастала экспериментальными фактами. Центр тяжести переместился



Движение заряженных частиц вдоль силовых линий геомагнитного поля.

теперь на другую проблему: какие частицы приходят на Землю из мирового пространства? Нужны были специально поставленные эксперименты.

Ряд косвенных результатов свидетельствовал о преобладании в составе первичного космического излучения протонов. В частности, в 1940 году американские физики под руководством М. Шайна подняли на шарах-зондах аппаратуру на высоту 20 000 м. По характеру поглощения космических частиц в свинце был сделан вывод, что первичное космическое излучение скорее всего состоит из протонов. Но для того, чтобы окончательно решить вопрос о природе частицы, нужно еще и уточнить знак ее электрического заряда, а значит, проследить ее движение в земном магнитном поле.

Как мы уже говорили, траектории заряженных частиц по мере приближения к Земле и попадания в сферу действия геомагнитного поля искривляются. У магнитных полюсов Земли, где концентрация силовых линий велика, в ловушку попадают практически все частицы; в районе экватора преодолеть своеобразный магнитный экран удается только наиболее энергичным частицам — так возникает широтный эффект: интенсивность космического излучения зависит от геомагнитной широты места наблюдения.

Но магнитное поле Земли должно приводить к еще одной неравномерности в распределении попадающих на нашу пла-

иету космических лучей. В районе экватора с запада должно приходить больше положительных частиц, чем с востока, если первичное космическое излучение представлено в основном протонами. Если же в составе первичного излучения присутствуют и отрицательно заряженные частицы, то они будут отклоняться земным магнитным полем к востоку, а распределение интенсивности космических лучей не будет зависеть от азимута.

Первое исследование восточно-западной асимметрии было предпринято в 1939 году. Американские ученые Джонсон и Бэрри запустили в стратосферу установку, состоящую из телескопической системы счетчиков *. Во время полета установка вращалась вокруг вертикальной оси. Фотоэлементы позволяли определять положение телескопа относительно Солнца. В ходе эксперимента телескоп нацеливался поочередно на восток и на запад.

Вопреки ожиданиям, из опытов Джонсона и Бэрри следовало, что азимутальная асимметрия на больших высотах отсутствует. Это могло означать, что в космическом излучении наряду с протонами содержатся и отрицательно заряженные частицы. Другая трактовка этих опытов допускала, что телескоп регистрировал лишь частицы вторичного происхождения, которые появляются на исследуемых высотах и которые полностью маскируют эффект восточно-западной асимметрии.

Решение этого вопроса было принципиально важным для понимания природы космического излучения. Однако прошло десять лет, прежде чем эксперименты с улучшенной методикой принесли новую информацию. В 1949 году группа советских физиков предприняла исследование азимутальных эффектов космических лучей в районе геомагнитного экватора. Летающая лаборатория, запущенная с борта „Витязя“, достигла высоты 27 км. Измерения производились с помощью телескопа из трех счетчиков. Чтобы летающая лаборатория не вращалась хаотически во время полета, а ось телескопа была наклонена в нужном направлении, на борту была установлена система фотоэлементов, следящих за солнцем. Маленькие часы, которыми была снабжена бортовая аппаратура, позволяли учитывать движение Солнца по небесному своду. Телескоп периодически разворачивался то в восточном, то в западном направлении, причем в течение одного полета ориентация менялась несколько раз. Запись сигналов, поступающих на Землю, тоже была автоматизирована. Сигнал из стратосферы попадал на экран осциллографа, где форма сигнала определялась тремя параметрами: высотой, направлением оси телескопа и фактом прохождения через него частицы. Экран осциллографа фотографировался на кинопленку.

* Телескопом в этом случае назывались счетчики Гейгера — Мюллера, включенные в схему совпадений и расположенные на одной прямой друг под другом.

Анализ данных этих полетов показал, что результаты Джонсона и Бэрри ошибочны. В действительности восточно-западная асимметрия существует и почти все первичные частицы, приходящие из мирового пространства, заряжены положительно, а по массе соответствуют протонам. Эти протоны обладают, как выяснилось, колоссальной энергией, порядка $10^{10}$ эВ и выше, и движутся со скоростью, близкой к скорости света. Ни одно из известных в науке радиоактивных превращений не могло бы обеспечить выделение столь огромной энергии. Большинство физиков склонялись к мысли, что эти протоны должны ускоряться в протяженных электромагнитных полях, существующих, как полагали, вблизи некоторых звезд и в межпланетном пространстве. Однако для того, чтобы дать ответ более детальный, не хватало сведений астрофизического характера. И хотя вопрос, откуда космические лучи черпают свою энергию, уже имел принципиальное решение, их сверхпроникающая способность оставалась загадкой и не могла быть объяснена только высокими энергиями частиц.

### Следы космического дождя

Открытие геомагнитных эффектов имело несколько далеко идущих последствий. Во-первых, поведение космических лучей в магнитном поле Земли оказалось последним, решающим аргументом в пользу их внеземного происхождения. Во-вторых, именно геомагнитные эффекты уточнили представления о природе космического излучения. Теперь уже ни у кого не вызывал сомнения тот факт, что из мирового пространства на Землю приходит поток положительно заряженных частиц, в основном, как следовало из многочисленных экспериментов, протонов.

Однако при движении космических частиц через атмосферу начинались странные явления — а физики, имевшие дело с космическими лучами, уже успели привыкнуть к неприменимости во многих случаях „земных" моделей и аналогий,— которые корпускулярная гипотеза не могла объяснить. Многочисленные опыты по поглощению космических лучей в разных средах — воздух, вода, металлы — свидетельствовали о том, что в составе тех частиц, которым удавалось достичь земной поверхности, присутствуют две компоненты, условно называемые мягкой и жесткой.

Относительно мягкой компоненты, для полного поглощения которой достаточно 10-сантиметрового слоя свинца, все было в какой-то мере ясно. Опыты с камерой Вильсона показали, что мягкая компонента — а именно она и вызывала поразившие в свое время воображение физиков ливни — состоит из электронов, позитронов и фотонов. Вторичное происхождение мягкой компоненты не вызывало сомнений.

Труднее было понять природу жесткой, или проникающей, компоненты космических лучей. Необычные ее свойства дали

начало цепной реакции исследований. Ни одна из известных к тому времени частиц: ни протон, ни нейтрон, ни электрон или позитрон — такой чудовищной проникающей способностью не обладала. Жесткую же компоненту наблюдали даже глубоко под землей, под слоем грунта толщиной 300 м. Может быть, в состав космических лучей входят неизвестные частицы? Ведь одну такую, ранее предсказанную теоретиками частицу обнаружили именно в космических лучах. Речь идет о позитроне.

А в теоретических работах уже обсуждались свойства еще одной гипотетической частицы. Как известно, с открытием нейтронов атомное ядро обрело свой строительный материал. Протонно-нейтронная модель объясняла все известные к тому времени свойства атомных ядер, но не давала ответа на вопрос, какие силы связывают протон и нейтрон.

Природа взаимодействий между заряженными частицами была понятна. Это силы электрического происхождения, или, как их называют, электромагнитные взаимодействия, которые теоретики представляют как обмен фотонами, являющимися квантами электромагнитного поля.

А что если и ядерные силы, т. е. силы взаимодействия между двумя нуклонами *, тоже обусловлены специфическими „квантами ядерного поля"? Впервые эта идея была высказана одним из создателей квантовой механики Вернером Гейзенбергом в 1933 году. Годом позднее японский физик Хидеки Юкава предложил мезонную теорию ядерных сил. Как электроны могут поглощать и испускать фотоны, так и нуклоны, взаимодействуя друг с другом, могут обмениваться некими заряженными частицами. Юкава предсказал и массу „квантов ядерного поля": гипотетические частицы должны быть в 200—300 раз тяжелее электрона. Но таких частиц еще никто не видел. „Кажется, теория находится на ложном пути..." — с грустью признавался Юкава.

Однако „тяжелый" квант, казалось, только того и ждал, чтобы его открыли. Во всяком случае, работа Х. Юкавы послужила толчком к поиску новых частиц. Постепенно складывалось мнение, что именно частицы с промежуточной между протоном и электроном массой должны входить в состав жесткой компоненты космических лучей. Это обстоятельство особенно подогревало интерес к поискам новых частиц.

В 1938 году с помощью камеры Вильсона, помещенной в магнитное поле, Андерсону и Неддермейеру, американским физикам, удалось сфотографировать след такой частицы. Ее масса (около двухсот электронных) совпадала с предсказаниями японского теоретика. Однако детальное изучение свойств „тяжелого" кванта заставило физиков разочароваться если не в могуществе теории, то по крайней мере в „характере" $\mu$-мезона — так назвали новую частицу. „Тяжелые" кванты мало чем напоминали частицы Юкавы.

* Нуклоны—общее название протонов и нейтронов.

Согласио предположениям, мезоны должны активно взаимодействовать с атомными ядрами. Однако первое, что бросалось в глаза,— это ядерная пассивность μ-мезонов. Эти частицы способны проходить сквозь слой свинца огромной толщины, растрачивая свою энергию лишь на ионизацию и даже не испытывая рассеяния на большие углы в электрическом поле ядер. А еще в опытах Э. Резерфорда, поставленных задолго до „космической эры" в физике, было показано, что α-частицы, пролетающие достаточно близко от атомных ядер, способны отклоняться от первоначального направления на очень большие углы. Кроме того, μ-мезоны нестабильны. Они могут существовать лишь миллионные доли секунды, после чего распадаются, превращаясь в электроны (или позитроны, в зависимости от знака заряда родительского мезона). Физики впервые столкнулись со столь короткоживущими частицами. Интересно, что, останавливаясь в веществе, отрицательные μ-мезоны ведут себя так же, как и электроны. Растеряв свою кинетическую энергию, они захватываются атомами и, до момента своего распада, образуют так называемые мезоатомы.

Проблема „тяжелых" квантов еще дискутировалась на страницах научных журналов, но свойства μ-мезонов настолько не соответствовали ожидаемым, что сомневаться не приходилось — была открыта не та частица. „Здесь мы столкнулись с изысканным коварством природы,— писали позднее американские физики М. Гелл-Манн и Е. Розенбаум.— Она подкинула нам частицу, у которой, с точки зрения теоретической физики, не было никаких прав и которую использовать разумным способом не представлялось возможным. μ-мезон явился подкидышем, найденным на пороге дома".

„Настоящий" мезон, названный π-мезоном, тот, что был предсказан Х. Юкава, открыли десять лет спустя. Оказалось, что μ-мезон — промежуточное звено в целой цепочке распадов.

$$\pi^{\pm} \to \mu^{\pm} + \nu_{\mu}$$
$$\mu^{\pm} \to e^{\pm} + \nu_e + \bar{\nu}_e \cdot$$

π-мезоны, как и μ-мезоны, не стабильны, жизнь их ограничена малыми долями секунды. Это означает что π-мезоны тоже не могут входить в состав первичных космических лучей. Но именно вопрос о составе, происхождении огромной энергии космического излучения и о дальнейшей судьбе его в атмосфе-

* Символами $\nu$ и $\bar{\nu}$ обозначаются нейтрино и антинейтрино, соответственно ($\nu_{\mu}$ — так называемое мюонное нейтрино, $\nu_e$ — электронное нейтрино). Эти частицы, не имеющие электрического заряда, с массой, равной нулю, естественно, не оставляют никаких следов в камере Вильсона. Однако законы сохранения энергии и импульса требуют участия нейтрино в процессах, β-распада. Нейтрино предсказаны в 1932 году швейцарским физиком В. Паули и спустя четверть века открыты в экспериментах на ядерном реакторе американскими физиками Райнесом и Коуэном.

ре стал особенно актуальным. Эксперименты на Земле, естественно, ничего нового дать не могли. Путь „наверх" лежал через горные вершины, балонные эксперименты, космические радиозонды и, наконец, искусственные спутники Земли.

### Звезды на Земле

Можно ли получить космические лучи искусственным путем в земных условиях? Эта мысль начала реализоваться уже в тридцатые годы. Первые ускорители заряженных частиц (электростатический ускоритель, созданный Ван де Граафом, сообщающий электронам и протонам энергию до 1,5 МэВ, и первый циклотрон Э. Лоуренса, разгоняющий протоны до 1,22 МэВ) позволяли получать хотя и скромные по космическим масштабам, но рекордные по земным меркам энергии. В начале 30-х годов к строительству первого в Европе циклотрона приступили в Государственном радиевом институте под руководством профессора Л. В. Мысовского. Несмотря на успехи ускорительной техники в Америке, ленинградским ученым пришлось пройти весь путь создания циклотрона, от технического проекта до его инженерного воплощения, самостоятельно.

Еще в 1932 году, размышляя над проектом ускорения заряженных частиц, Л. В. Мысовский высказал предположение, что космические лучи, подобно микроскопическим снарядам, могут разбивать атомные ядра. Правда, попасть в атомное ядро довольно трудно, его диаметр составляет лишь $10^{-13}$ см, а плотность космического излучения очень и очень мала. Тем не менее гипотетическую — даже самые смелые прогнозы того времени относили ее реализацию на конец XX века — возможность высвобождения внутриатомной энергии связывали именно с космическими лучами — носителями самой высокой в природе энергии. Однако открытие деления ядер урана придало проблеме извлечения внутриатомной энергии совершенно другое направление.

В начале 30-х годов считалось, что ливни, наблюдаемые в камерах Вильсона, это и есть результат разрушения атомных ядер космическими частицами. Разрабатывались теории множественного рождения частиц. Однако оказалось, что эти ливни хотя и имеют космическое происхождение, но возникают они не при расщеплении атомных ядер, а при прохождении γ-квантов высокой энергии через вещество. Если энергия γ-кванта достаточно велика, то, проходя вблизи атомного ядра, он способен превратиться в электрон — позитронную пару.

В 1932 году австрийские исследовательницы М. Блау и Г. Вамбахер наблюдали интересное явление. В фотопластинке, некоторое время хранившейся в черной бумаге, после проявления были обнаружены следы группы заряженных частиц, ис-

ходящих нз одной точки. Их назвали „звезды". Конечно, „звезды" могли быть результатом загрязнення фотопластинкн радиоактивиыми препаратами. Ведь достаточно попасть на фотопластинку микроскопнческому кристаллику радиоактнвного вещества, буквально пылинике, н следы α-частиц, вылетающих при радиоактивном распаде, образуют картину, подобную звезде. Однако у частиц, вылетающих из звезд, как показали измереиия Блау н Вамбахер, были слишком высокие для радиоактивного распада энергии. Зарегистрироваиные в фотопластинках звезды свидетельствовалн о расщеплении атомных ядер под действием космическнх лучей.

Как же удалось сфотографировать невиднмое космическое излучение? Как мы зиаем, само открытие радиоактивиости тоже было связано с фотографией. В опытах А. Беккереля в 1896 году излучение солей, содержащнх уран, вызывало почерненне фотопластинки, хранившейся в темноте.

Фотографическая эмульсия состонт нз микроскопически малых кристалликов бромистого серебра, взвешеиных в желатнне.* За семьдесят с лишиим лет, прошедшнх со временн открытия радиоактивностн, было иеоднократио доказано, что действие света и заряженных частнц на фоточувствнтельные слои в прииципе одииаково, хотя радиация н предъявляет свои требования к фотографни.

Поглощение светового кванта и прохождение заряжениых частиц вызывает в бромистом серебре фотохимнческую реакцию, что приводит, в свою очередь, к образоваиию так называемого скрытого нзображения. Его можно увидеть только под электронным мнкроскопом. Чтобы скрытое изображение сделать иаблюдаемым, его необходимо усилить в десятки мнллнардов раз. Роль такого усилителя играет хорошо знакомый всем фотолюбителям процесс проявления. После проявления следы заряженных частиц, попавших в фотопластинку, будут отмечены цепочкой почерневшнх зерен.

Одиако первые попытки использовать для регистрацин заряженных частиц фотослои, применяемые в обычной световой фотографии, не увенчалнсь успехом. Для того чтобы фотопластиикн могли „чувствовать" следы отдельных попадающих в них частиц, нужно было совместить два, казалось бы несовместимых, требования: максимально уменьшить размер зерна (что означало уменьшение вероятности образования скрытого изображения н, как следствие, уменьшение чувствительности) и в то же время предельно повысить чувствительность эмульсии.

Над проблемами ядерной фотографии работали многие научиые центры мира. Со временем барьер чувствительности был преодолеи. Сегодняшняя ядерная фотоэмульсия может ре-

---

* Средиий размер микрокристалликов бромистого серебра, или, как их называют, зереи составляет 0,2-0,6 Мкм, а в специальио приготовлеиных для целей ядериой физики слоях — сотые доли микрона.

гистрировать частицы практически всех зарядов и энергий: от релятивистских, т. е. летящих с субсветовыми скоростями, электронов до тяжелых ядер с большими зарядами.

Одним из основателей ядерной фотографии, Л. В. Мысовским, были созданы для регистрации следов частиц слои такой толщины, что ядерные взаимодействия космических лучей оказались запечатленными не только на плоскости, но и в пространстве. Именно создание толстослойных ядерных пластинок определило дальнейшую судьбу ядерной фотографии. Прежде события микромира регистрировались с помощью камеры Вильсона, вооруженной фотоаппаратом и пленкой. В ядерной фотографии фотоаппарат не нужен: фоточувствительный слой является и пространством, в котором разыгрываются ядерные процессы, и детектором. По сравнению с другими приборами, используемыми в экспериментальной технике, ядерная фотоэмульсия особенно привлекательна. Лишь один кубический сантиметр ее объема в состоянии „запомнить" судьбы каждой из тысяч и даже миллионов заряженных частиц, попавших в нее.

Конечно, компактная стопка фотографических пластинок, беспрепятственно пропускающих через себя огромные потоки радиации, была бы неоценима в стратосферных полетах. И действительно, впоследствии ядерная фотография совершенно вытеснила из экспериментальной практики камеру Вильсона, но это случилось позднее, а в 30-е годы ядерная фотография еще делала свои первые шаги. Максимума популярности ядерная фотография достигла в 50-е годы, когда с ее помощью были открыты многие элементарные частицы и ядерные превращения.

Итак, опыты Блау и Вамбахер показали, что атомные ядра, входящие в состав вещества фотопластинок, способны расщепляться под действием космических лучей. Аналогичные звезды, хотя и не столь эффектные, наблюдались и в камерах Вильсона.

В 1939 году один из учеников профессора Мысовского ленинградский ученый А. П. Жданов, много работавший над усовершенствованием фотометода, наблюдал уникально большую звезду: полное число частиц превышало число протонов в ядре атома урана — самого тяжелого элемента, существующего в природе. Очевидно, эту звезду породила многозарядная частица космического излучения, расщепившаяся на протоны в процессе ядерного взаимодействия.

С тех пор физикам довелось видеть в фотоэмульсии не меньше звезд, чем астрономам, наблюдающим ночью небо в самые сильные телескопы. Звездой оканчивается почти каждое путешествие космического гостя. Но как многие из наблюдаемых на небосводе звезд уже давно не существуют — к нам попадает лишь блуждающее по Вселенной их изображение миллионолетней давности,— так и события, которые остались в цепкой памяти фотоэмульсии в виде расходящихся из одного

центра лучей, являются свидетелями длившегося световое мгновение микроядерного взрыва.

Позднее говорили, что физика высоких энергий родилась на небе...

# Глава V
# КОСМОС — БЛИЖНИЙ И ДАЛЬНИЙ

## Открытие радиационных поясов Земли

Воздушная оболочка нашей планеты и ее далеко простирающаяся магнитосфера, естественно, сдерживали возможности экспериментаторов, изучающих космические лучи. Чтобы наблюдать не искаженное воздушным экраном и магнитной ловушкой излучение, нужно было подняться не только за пределы стратосферы, но и в пространство, свободное от атмосферных газов. Неудивительно, что первые же полеты советских и американских искусственных спутников Земли принесли открытия.

Так, оказалось, что нашу Землю окружают невидимые пояса радиации. Это явилось для ученых неожиданностью, хотя о возможности захвата космических частиц магнитным полем Земли известно было давно. Еще в 1913 году, за полвека до запуска первых искусственных спутников, норвежский ученый К. Стёрмер рассчитал траектории движения заряженных частиц в геомагнитном поле. Как мы уже говорили, напряженность земного магнитного поля невелика — около 0,5 эрстед, но, поскольку геомагнитное поле простирается на тысячи километров, оно превращается в своеобразную ловушку. Заряженные частицы, попадая в сферу действия геомагнитного поля, движутся вдоль его силовых линий. Причем положительно заряженные частицы должны смещаться к западу, отрицательно заряженные — к востоку. Если энергия космических частиц достаточно велика и земное магнитное поле не в состоянии их отклонить, то они могут попасть на Землю. Правда, это удается лишь самым „энергичным“ частицам. Частицы с меньшей энергией оказываются „запертыми“ в магнитном поле нашей

планеты и дрейфуют в нем, не имея возможности ни приблизиться к Земле, ни уйти от нее.

Однако к тому времени, когда проводились первые эксперименты на спутниках, все это было еще теорией. И эти эксперименты имели более скромные задачи — исследование изменений интенсивности космической радиации с высотой, как это делалось и раньше, при каждом очередном повышении „потолка".

На „Спутнике-2", запущенном в СССР 3 ноября 1957 года, были установлены детекторы космического излучения. Над территорией СССР „Спутник-2" пролетал на сравнительно небольших высотах — от 225 до 700 км. Разумеется, все сведения о космических лучах, переданные со спутника, были уникальными, но новых сверхзагадок они в себе не таили. На пятый день полета спутника установленные на его борту счетчики Гейгера — Мюллера отметили значительное увеличение радиации. На Земле этот всплеск радиации объяснили влиянием небольшой солнечной вспышки.

Впервые справедливость теоретического предположения о захвате заряженных частиц геомагнитным полем подтвердилась при полете американских спутников „Эксплорер-I". Параметры эллиптической орбиты спутника „Эксплорер-I", запущенного в феврале 1958 года, позволяли „прощупать" околоземное пространство на расстоянии от 356 до 2546 км от поверхности планеты. Счетчики Гейгера — Мюллера, установленные на его борту, усиленно работали, регистрируя все возрастающую космическую радиацию. Но на высоте около 2000 км спутник неожиданно замолчал. У американских физиков, напряженно слушавших эфир, появилась мысль о неисправности аппаратуры — настолько нереальным выглядело предположение о полном отсутствии радиации на этих высотах. Но, когда спутник стал снижаться, регистрация космических лучей возобновилась.

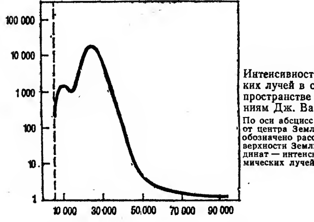
Аппаратура спутника „Эксплорер-III", выведенного на орбиту 26 марта 1958 года, вела себя аналогичным образом. На высоте порядка 2000 км спутник упорно отказывался посылать на Землю информацию о космических лучах. Американские физики, работавшие под руководством Дж. Ван-Аллена, предположили, что на этой высоте существует зона повышенной радиации, настолько сильной, что приборы, не рассчитанные на столь большую нагрузку, буквально „захлебываются".

Результаты первых исследований космических лучей на спутниках озадачили ученых. Возникал вопрос: окружена ли Земля поясами радиации, захваченной геомагнитным полем, или же этой интенсивной радиацией наполнено все околосолнечное пространство, отнюдь не пустое и холодное, как считали не так уж давно? И только благодаря магнитосфере Земли эта губительная для всего земного радиация не достигает поверхности планеты, подобно тому как от коротковолнового ультрафиолетового излучения Солнца, убивающего все живое,

спасает нас атмосферный озон? Удастся ли человеку, разорвавшему гравитационные узы своей планеты, преодолеть и неожиданно вставший на его пути в Космос радиационный барьер?

Дальнейшие исследования советских и американских ученых дали ответы на эти вопросы.

„Устанавливая прибор на третьем спутнике, мы не ставили перед собой задачи изучения радиационных поясов, поскольку




Интенсивность космических лучей в околоземном пространстве по измерениям Дж. Ван-Аллена.
По оси абсцисс — расстояние от центра Земли (пунктиром обозначено расстояние от поверхности Земли); по оси ординат — интенсивность космических лучей.

не знали об их существовании, а стремились исследовать космические лучи и найти рентгеновское излучение Солнца,— писал один из авторов открытия радиационных поясов Земли, член-корреспондент АН СССР А. Е. Чудаков.— ...И нам сильно повезло — этот прибор оказался удачным для обнаружения нового явления".

Для передачи информации по радио использовался передатчик „Маяк", который можно было слушать по обычному приемнику на частоте 20 Мгц. Сама задача сбора информации была непростой. Многочисленные радиоприемные станции на территории нашей страны записывали сигналы, когда спутник пролетал над ними. Вся информация, поступающая в Центр обработки данных, складывалась из коротких пяти—двадцатиминутных посылок.

Измерения, сделанные на „Спутнике-3", подтвердили результаты Ван-Аллена. На удалении около 1000 км от Земли начиналась зона повышенной радиации: каждую секунду счетчики регистрировали до 100 000 частиц на квадратный сантиметр. Интенсивность радиации, как и следовало из теории геомагнитных эффектов, менялась в зависимости от геомагнитной широты. Когда советский спутник пролетал в районе 60-й параллели, интенсивность космических лучей резко воз-

растала, достнгая таких больших величнн, что при расшифровке ничего нельзя было сказать об интенсивности радиации, кроме одиого: она велика. Когда спутник выходнл из этой зоны, интенсивность радиации падала.

Эксперименты с помощью искусствениых спутников Земли показали, что существуют два радиационных пояса Земли: внутреннний, впервые обнаруженный американскими физнкамн под руководством Дж. Ван-Аллена, н внешиий, открытый советскими ученымн во главе с С. Н. Верновым н А. Е. Чудаковым.

Что же до „Спутника-3", то после пребываиия во внутреннем радиационном поясе он стал радиоактивным.

### Радиационные пояса Земли

Малеиький спутинк стал радиоактивным. Это могло означать только одио: находясь в околоземном пространстве, он длнтельиое время подвергался обстрелу космнческих лучей. Сразу же поднималось миожество проблем: не будет лн пересечение областей повышеииой радиацин опасно для здоровья космонавтов, не скажется ли космическое излученне на качестве работы научной аппаратуры, установленной на космнческнх аппаратах.

Оказалось, что опасеиня преувеличеиы. В 1958 году американский космический аппарат „Пиоиер-III" впервые пересек радиационные пояса вблнзн экватора, поддерживая радиотелеметрическую связь с Землей, а годом поздиее советскне автоматические станцнн „Луиа-1", „Луиа-2", „Луна-3" неодиократно проходили зоиу повышеииой радиации.

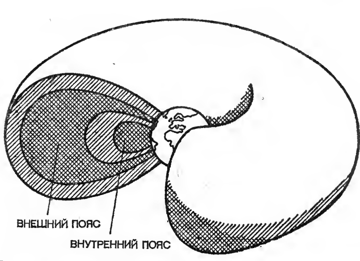
Систематическое изучеине раднационных поясов Земли, продолжеииое иа советских ИСЗ серии „Электрои" и „Космос" и амернканскнх „Эксплорер-12, 14, 15", „Рэлей-1" и другнх, позволило изучнть нх состав, структуру, а также изменение в простраистве и времени.

Прежде всего выясиилось, что две зоны повышенной радиацни — внутренняя н внешияя,— существующие в околоземном простраистве, отлнчаются по своему составу. Внутрениий радиационный пояс населен протонами отиосительно высоких энергий — порядка 100 МэВ (они-то н послужилн прнчиной возникновення наведеииой радиоактнвностн на „Спутннке-3"). Эти протоны нмеют космнческое происхождеиие, хотя и не прямое.

Предполагают, что за их происхождение ответственны нейтроны, возникающие при взаимодействнн первичного космнческого нзлучення с атомными ядрами атмосферных газов. Нейтроны, поскольку они ие обладают электрнческим зарядом, беспрепятствеино проходят сквозь магнитиое поле Землн. Но уйти далеко от места своего рождення нм не удается — нейтро-

ны нестабнльны, среднее время их жнзии составляет около 12 минут. В магнитную ловушку попадают возиикающне при их распаде протоиы и электроиы.

Внешннй радиацноиный пояс заполиен частицами солнечного происхождення, в осиовном солнечного ветра. Этн частицы нмеют небольшне эиергии, иедостаточиые для того, чтобы проникиуть сквозь магиитосферу Землн. Но, двигаясь вдоль магнитных силовых линий, они ускоряются н нх энергии возрастают почтн в сто раз. На внешнюю границу магнитосферы




Структура раднацнонных поясов Земли.

прнходят н солиечиые электроны, которые, прежде чем быть захваченными раднациоиньмн поясами, тоже предварительно должны ускорнться в околоземном пространстве.

Внутреннй радиацнонный пояс Землн достаточно стабилен, виешиий же, отступающнй в экваторнальиой областн на 3—4 земных раднуса от земной поверхности, подвержен влиянию космнческой погоды. Даже прн незначительных возмущениях магнитосферы внешний раднацнонный пояс меняет свою структуру н перестает быть идеальной ловушкой заряженных частиц.

Итак, первой встречает космическое нзлучеине не атмосфера Землн, а ее магнитосфера, простирающаяся на расстояние почтн 10 земных радиусов. Однако на стороие, обращенной к Солнцу, магиитосфера как бы деформируется, сжнмаясь до 70 000 км, в ночном же направленнн магнитный шлейф Земли вытягивается на миллноны километров.

Раднацноиные пояса представляют большой интерес для

ученых, исследующих свойства плазмы. Перед физиками открылась возможность наблюдать за ускорением и удержанием плазмы, используя естественную природную лабораторию — зону захваченной геомагнитным полем радиации.

В активных космических экспериментах использовались так называемые плазменные струи. Западногерманские ученые Р. Люс и Г. Харендел предложили вывести в околоземное пространство ионы тех элементов, которые заведомо отсутствуют и в солнечном корпускулярном излучении, и в атмосфере Земли, например ионы бария или европия.

Изучение поведения частиц в радиационных поясах представляет интерес не только для нашей планеты. Ведь любой объект Вселенной, обладающий собственным магнитным полем, должен быть окружен радиационными поясами.

## Радиационные пояса других планет

Но оказалось, что далеко не все планеты Солнечной системы обладают магнитным полем и, следовательно, собственной радиационной защитой. Магнитное поле определяется физическими процессами в недрах планеты: ее космической предысторией.* У нашей ближайшей соседки по Космосу, Луны, как оказалось, вообще нет магнитного поля.

Первые измерения радиации в окололунном пространстве были сделаны АМС „Луна-2", доставившей в 1959 году на поверхность планеты советский вымпел. Никакого возрастания космической радиации вблизи Луны по сравнению с интенсивностью радиации в межзвездном и околоземном пространстве, т. е. никаких радиационных поясов, не было обнаружено ни в первом, ни в последующих полетах космических аппаратов.

А вот на самой поверхности Луны, как установили экспедиции „Аполлон" и „Луноход-2", существуют довольно протяженные магнитные поля. Несмотря на то, что в целом Луна „ненамагничена", отдельные лунные горные породы оказываются намагниченными. Естественный вопрос: как давно и при каких обстоятельствах произошло это намагничивание? На этот вопрос пока нет однозначного ответа. Возможно, поверхность Луны намагнитилась в тот отдаленный период, когда Солнце было еще „молодо" и обладало интенсивным магнитным полем. Существует и другая версия: намагничивание

* Современные представления о природе геомагнитного поля основаны на теории гидромагнитного динамо. Как известно, при движении проводников в магнитном поле в них возбуждаются токи за счет электродвижущей силы индукции. Данные о внутреннем строении Земли, которыми располагает современная наука, позволяют считать принципиально возможным самовозбуждение магнитного поля вследствие вращения планеты.

произошло за счет геомагнитного поля в момент сближения Луны с Землей. Причиной намагниченности отдельных лунных пород может быть и мощная метеоритная бомбардировка, которой постоянно подвергается не защищенная атмосферой лунная поверхность.

Не обнаружено собственное магнитное поле и у Венеры. Окрестности этой планеты исследовали многие АМС серии „Венера", „Маринер". Однако какого-либо увеличения радиации по мере приближения к планете, равно как и собственного магнитного поля, способного удерживать заряженные частицы, не обнаружено.

Спускаемые в атмосферу Венеры космические аппараты показали, что в плотной углекислой атмосфере Венеры, как и в земной, существует ионосфера, изменяющая направление движения радиоволн. Оказалось, что в строении ионосфер обеих планет есть много общего. Ионосфера Венеры, как и Земли, состоит из нескольких слоев, характеризующихся различной концентрацией электронов. Правда, ионосфера Венеры расположена несколько ниже над поверхностью планеты, чем земная, сказывается отсутствие магнитного поля — слои ионизованного газа „прижаты" к поверхности планеты. Ионосфера Венеры, подобно земной, испытывает суточные колебания электронной плотности. Интересно, что за длинную венерианскую ночь (продолжительность ночи на Венере составляет 59 земных суток) ионосфера Венеры не успевает полностью исчезнуть. Это означает, по мнению ученых, что, кроме солнечной радиации, должен существовать еще один источник ионизации атмосферы Венеры. Вопрос о природе этого явления будет решен в будущих космических экспериментах.

В 1965 году американский космический аппарат „Маринер-4", прошедший на расстоянии 13 200 км от поверхности Марса, сообщил на Землю: магнитного поля вокруг этой планеты нет. Однако 21 января 1972 года очередной полет к Марсу принес сенсацию. По данным АМС „Марс-3", у Марса все же существует собственное магнитное поле, правда очень слабое по сравнению с земным.

Еще большей неожиданностью было открытие магнитного поля у планеты Меркурий. Полет американской станции „Маринер-10" принес сведения о том, что магнитосфера Меркурия значительно деформирована солнечным ветром — сказывается близость Солнца. По земным масштабам магнитное поле Меркурия, конечно, скромное. Его напряженность в 90 раз меньше, чем земного. Однако его наличие позволяет предположить существование у Меркурия радиационного пояса.

Самым сложным и по протяженности, и по структуре оказалось магнитное поле Юпитера. Этот гигант планетного мира имеет, как известно, тринадцать спутников. Юпитер нередко называют маленькой солнечной системой. Ядро планеты Юпитер состоит, как полагают, из жидкого водорода, постепенно переходящего в плотную атмосферу. Есть и другая точка зре-

ния: возможно, Юпитер имеет небольшое твердое ядро, окруженное плотной атмосферой. Но, как бы то ни было, хотя и установлено, что Юпитер обладает внутренним источником тепла, температура в его недрах недостаточна для протекания термоядерных реакций. Это обстоятельство заставляет считать Юпитер планетой, а не миниатюрной звездой. Однако быстро вращающаяся вместе с планетой магнитосфера Юпитера очень напоминает астрофизикам оболочки некоторых звезд.

В окрестностях Юпитера к настоящему времени уже побывали автоматические космические аппараты „Пионер-10" и „Пионер-11" (1977 год). В марте 1979 года посланная вслед за „Пионерами" АМС „Вояджер-1" пролетела мимо планеты на расстоянии, сравнимом с тем, которое разделяет Землю и Луну. Установленные на борту „Вояджера" телекамеры позволили увидеть поверхность Юпитера с расстояния 348 890 км. Спустя четыре месяца „Вояджер-2" наблюдал поверхность Юпитера с расстояния 720 900 км.

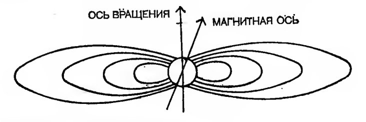
Юпитер приветствовал приближающиеся к нему космические аппараты потоком электронов. К такому выводу пришли американские специалисты, анализируя информацию, переданную на Землю автоматической станцией „Пионер".

Почти два года летели маленькие роботы-автоматы к Юпитеру. И первые же сеансы связи сказали о том, что Юпитер окружен магнитным полем, почти в 14 раз более сильным, чем земное. Значит, около этой планеты могут быть области повышенной радиации.

И действительно, вокруг Юпитера были обнаружены радиационные пояса. Кстати, и величина магнитного поля Юпитера оказалась вдвое больше расчетной. Для описания многих явлений, происходящих в пространстве около Юпитера, земные аналогии оказались совершенно непригодны. Вот один из примеров. Радиационные пояса Юпитера имеют настолько большую протяженность, что в них находятся орбиты естественных спутников этой планеты. Когда траектории частиц из радиационных поясов и орбиты спутников пересекаются, спутники способны поглощать частицы. В то же время присутствие спутников магнитосферы Юпитера изменяет топологию магнитного поля, и это способствует ускорению частиц, входящих в радиационные пояса. Магнитосферу Юпитера пронизывают мощные электрические токи. В частности, Юпитер и один из его спутников, Ио (а он не ближайший к Юпитеру), связаны магнитной токовой трубкой, в которой протекает ток силой в миллионы ампер.

Магнитосфера Юпитера настолько сложна, что, по мнению американских специалистов, потребуются годы исследований и немало полетов, прежде чем станет до конца понятна ее структура. А путешествие человека к Юпитеру и пребывание в столь опасной радиационной обстановке еще долгое время будет оставаться уделом фантастов.

Встреча космических аппаратов с Сатурном тоже поразила землян. Магнитное поле этой планеты, впервые обнаруженное американскими космическими аппаратами „Пионер“, отличается от магнитосфер Земли, Меркурия и Юпитера. Как правило, магнитная ось и ось вращения планеты не совпадают. У Сатурна же — при его огромных размерах — центр магнитосферы




Упрощенная схема магнитосферы Юпитера.

не совпадает с центром планеты всего на 22 км, а магнитная ось практически совмещена с осью вращения.

Когда „Пионер-11“ пересек плоскость колец Сатурна, то бортовая аппаратура перестала регистрировать радиацию. Предполагается, что кольца Сатурна экранируют часть пространства вблизи планеты от космического излучения, однако радиационные пояса у этой планеты существуют.

После посещения Сатурна („Вояджером-1“ в сентябре 1980 года, „Вояджером-2“ в июне 1981 года) эти станции взяли курс на Уран и Нептун. В 1989 году, после пересечения орбиты Плутона, встреча с которым не входит в программу полета и который в этот момент будет находиться чуть ли не в другом „конце“ Солнечной системы, „Вояджеры“ покинут Солнечную систему. Если к тому времени бортовая аппаратура будет функционировать, земляне получат новые сведения о межзвездной среде.

## Солнечный ветер, магнитные облака

Проблема радиационных поясов Земли и планет несколько отвлекла нас от поиска источников космических лучей. Из предыдущей главы читатель знает, что поиски прямых источников космических лучей не увенчались успехом (а иначе и не могло быть на уровне экспериментальной техники 20-х годов). Однако по крайней мере один источник космических лучей был бесспорно известен. Это Солнце.

Мысль о существовании корпускулярных потоков, идущих к Земле от Солнца, высказывалась еще в конце прошлого века. Предполагалось, что существует прямая связь между солнеч-

ной активностью, т. е. солнечными пятнами, и некоторыми явлениями на Земле: магнитными бурями, полярными сияниями и т. д., и что эта связь осуществляется через поток заряженных частиц, испускаемых нашим Солнцем. Удалось даже теоретически оценить скорость солнечных частиц: 500 км/с.

Но только спустя более полувека, после полетов к Луне, Венере, Марсу, а также запусков спутников с сильно вытянутыми, выходящими за пределы земной магнитосферы орбитами стало возможным с уверенностью утверждать, что Солнце является источником корпускулярного излучения, которое, по предложению американского физика Е. Паркера, стали называть солнечным ветром.

Солнечный ветер — это поток нейтральной плазмы, состоящей из положительно заряженных частиц (в основном протонов, α-частиц, ядер дейтерия и трития) и электронов. Он „срывается" с поверхности Солнца постоянно. Полеты космических аппаратов принесли сведения о том, что скорость перемещения плазмы в межпланетном пространстве составляет в среднем около 500 км/с, а концентрация — порядка 5 частиц в кубическом сантиметре. Поверхность Земли надежно защищена от солнечного ветра прежде всего магнитосферой. Встречаясь с внешней магнитной „оболочкой" Земли, частицы солнечного ветра либо пополняют население радиационных поясов, либо огибают встретившееся на их пути магнитное препятствие. А вот будущей лунной обсерватории потребуется специальная радиационная защита. Относительно Марса тоже пока не все ясно, например способны ли его слабое магнитное поле и разреженная, как наша стратосфера, газовая оболочка сдерживать порывы солнечного ветра.

У солнечной плазмы обнаружено очень важное в научном отношении и имеющее далеко идущие последствия свойство: оказалось, что солнечный ветер, распространяясь в межпланетном пространстве, „тянет" за собой и магнитное поле. Температура плазмы, истекающей с поверхности Солнца, составляет величину порядка миллиона градусов. При таких условиях электропроводность плазмы * настолько велика, что нейтральная плазма оказывается почти идеальным проводником электрического тока. Магнитное поле буквально „вморожено" в плазму и путешествует вместе с ней с той же скоростью. В околосолнечном пространстве возникают неоднородно намагниченные облака плазмы, размеры которых достигают миллионов километров.

Наше Солнце астрономы относят к классу так называемых переменных звезд. Его активность периодически изменяется. Один из наиболее выраженных циклов активности Солнца имеет период 11,2 года. Интенсивность солнечного ветра изменяется с таким же периодом.

---

* См. примечание к с. 11.

Но кроме солнечного ветра наша Солнечная система пронизывается потоком космических лучей, приходящих из Галактики. Получается парадоксальная ситуация: галактические космические лучи, встречаясь с неоднородно намагниченными облаками плазмы, идущими от Солнца, частично выметаются ими за пределы Солнечной системы. Таким образом, на пути первичного космического излучения оказывается еще один радиационный щит. Притом интересно, что действует он как раз в периоды повышенной солнечной активности. Еще в 1937 году американский физик С. Е. Форбуш заметил, что в период высокой солнечной активности на всей Земле наблюдается уменьшение интенсивности космических лучей из Галактики. В периоды максимума солнечной активности она уменьшается в 2—2,5 раза.

Одновременно с уменьшением интенсивности галактических космических лучей на Земле разыгрываются магнитные бури, усиливаются полярные сияния, изменяется состояние ионосферы. Но в периоды спокойного солнца космические лучи, приходящие из межзвездного пространства, достигают планетных магнитосфер относительно беспрепятственно.

Итак, выяснилось, что между солнечной активностью и интенсивностью космических лучей существует обратная связь: уменьшение солнечной активности приводит к увеличению в Солнечной системе доли галактических космических лучей.

## Радиационная безопасность космических полетов

Поскольку энергия составляющих солнечный ветер частиц невелика, он не представляет большой угрозы для космонавтов. Стенки космического корабля служат надежной защитой.

Гораздо опаснее путешествия по Солнечной системе, когда Солнце неспокойно. Время от времени астрономы наблюдают явления, которые называются солнечными вспышками. На сравнительно небольших участках поверхности Солнца отмечается кратковременное увеличение яркости. Вспышки сопровождаются выделением огромной энергии не только в оптическом, но и в радио- и рентгеновском диапазонах, а также выбросом корпускулярного излучения, значительно более энергичного, чем солнечный ветер. Поверхность Солнца при сильных вспышках выбрасывает частицы с энергиями, достигающими $10^9$ эВ. При сравнительно небольших вспышках возникают потоки солнечных протонов, по интенсивности сравнимые с излучением во внутреннем радиационном поясе Земли. При мощных вспышках, наблюдаемых раз в несколько лет, космонавт может попасть в области, где интенсивность выброшенных с поверхности Солнца протонов примерно такая же, как и в кольце хорошего ускорителя, т. е. $10^{11}$ частиц/см$^2 \cdot$с.

Частицы, покинувшие Солнце во время вспышек, достигают Земли лишь через некоторое время (примерно полчаса) после

того, как их зафиксируют земные оптические приборы. Разумеется, и свет проходит расстояние от Солнца до Земли не „мгновенно": чтобы преодолеть расстояние от Земли до Солнца, электромагнитным волнам требуется 8 минут. Скорости заряженных частиц, покидающих Солнце, значительно отличаются от скорости света, а путь, который они проделывают, двигаясь по спиралевидным магнитным силовым линиям *, в десятки раз превышает кратчайшее расстояние от Солнца до Земли. Когда частицы, генерированные во время вспышек, достигают магнитосферы Земли, на планете разыгрываются магнитные бури. Именно тогда и наблюдается форбуш-понижение интенсивности галактических космических лучей. Но интересно, что перед началом магнитной бури, т. е. когда оптическая вспышка уже замечена астрономами, наземная аппаратура регистрирует резкий всплеск интенсивности космических лучей, но не солнечного, а галактического происхождения.

Так было во время всех грандиозных вспышек: и 23 февраля 1956 года, когда 37 станций мировой сети отметили 300-кратное! возрастание интенсивности космического излучения; и 11 мая 1959 года, когда внезапное увеличение интенсивности космических лучей зафиксировали все станции мира, наблюдавшие за космическим излучением; и во время вспышек более поздних лет. А в марте 1960 года космический аппарат „Пионер-5", находившийся на линии Солнце — Земля на расстоянии 5,2 млн. км от нашей планеты, передал на Землю данные, из которых следовало, что и в межпланетном пространстве хромосферной вспышке предшествует внезапное резкое увеличение интенсивности космических лучей.

Означает ли это, что во время солнечных вспышек „магнитные ворота" в нашей солнечной системе по какой-то причине открываются? Астрофизики склонны думать, что нет. Такое возрастание интенсивности космических лучей связывают с их отражением от намагниченных облаков плазмы, идущих от Солнца. Затем, по мере распространения этих „магнитных облаков", увеличение интенсивности космического излучения сменяется ее спадом, или форбуш-понижением: солнечный ветер выметает часть галактических космических лучей из околосолнечного пространства.

Солнечные вспышки (и частота их появления, мощность) не поддаются пока точному количественному прогнозу. И это делает длительные путешествия даже в пределах Солнечной системы совсем небезразличными к радиационной обстановке ближнего Космоса. И если от солнечного ветра космонавтов спасают стенки корабля, а удачно выбранное время старта, когда солнечная активность минимальна, делает сравнительно недалекие перелеты, например по трассе Земля — Луна, прак-

* Магнитные силовые линии, идущие от Солнца в межпланетное пространство, имеют форму спирали Архимеда из-за вращения Солнца вокруг собственной оси.

тически безопасными, то путешествия к Марсу и Венере, длящиеся месяцы, могут быть небезопасны даже и при спокойном Солнце.

Дело в том, что космические лучи, приходящие из Галактики, обладатели высоких энергий, охотно вступают в ядерные взаимодействия с веществом, которое встречается на его пути. Этим веществом будет и сам космический корабль. Именно в стенках корабля будут рождаться мощные ливни, возникать видимые под микроскопом звезды, порождающие вторичное излучение. Протоны с энергией 100 МэВ и выше представляют опасность для живых организмов, а именно такие частицы и могут пройти сквозь стенки космического корабля.

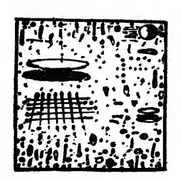
Подсчитано, что защитный экран межпланетного космического корабля должен весить около 400 т. Чтобы не нести на борту лишний груз, специалисты предложили использовать в качестве радиационного экрана запасы горючего, необходимого для осуществления длительного перелета.

Можно использовать для защиты корабля искусственно созданное вокруг него электрическое поле. Заряженные частицы, попадая в сферу его действия, будут рассеиваться. Однако расчеты показали, что такая защита потребует огромной энергии.

Предлагалось также создать вокруг корабля искусственное магнитное поле. Заряженные частицы, отклоняемые этим полем, будут образовывать вокруг корабля своеобразные радиационные пояса. Но и магнитная защита связана как с повышением веса самого корабля, так и с увеличением потребляемой мощности.

Еще более опасна, по-видимому, радиационная обстановка за пределами Солнечной системы, в Галактике. Во-первых, в окрестностях многих звезд тоже „дует" ветер, подобный солнечному, но в ряде случаев еще более мощный и энергичный. (Об этом мы еще будем говорить.) Во-вторых, Солнце, как известно, находится на периферии Галактики, расстояние от него до ближайшей звезды оценивают в 4,5 световых года. По мере приближения к галактическому ядру и численность звезд, и концентрация межзвездного газа, и интенсивность космических лучей, в первую очередь за счет звездного ветра, значительно возрастают.

В обозримом будущем далекие межзвездные перелеты с участием человека едва ли будут реальными, во всяком случае пока не будут изучены особенности распространения космического излучения в Галактике. И главное — пока не будут найдены другие, кроме Солнца и звезд, его источники.



## Глава VI
# ПУЛЬС ВСЕЛЕННОЙ

### Периодическая система в Космосе

...Космический корабль опустился в прожженной солнцем карагандинской степи. Поисковые группы уже заметили его и направили неистово жужжащие вертолеты к месту посадки. Аппаратуру вынимали осторожно, последним из отсека извлекли небольшой металлический контейнер с надписью „Вскрывать только при красном свете!". В нем находилась стопка фотопластинок.

Когда после проявления одну из фотопластинок поместили на столик микроскопа, перед глазами исследователей открылась картина, не уступающая зрелищу звездного неба.

„Джунгли" черных, часто пересекающихся линий. Это следы частиц. „Морзянку" проявленных зерен оставили легкие частицы — иногда их называют релятивистскими, потому что их скорость близка к скорости света. Это протоны, электроны, мезоны. Маленькие черные следы, напоминающие молоточки, образовались в результате развала на две α-частицы ядра $Be^8$, родившегося под действием космических лучей и жившего неизмеримо малые доли секунды. Рассыпающиеся фейерверком лучей-следов звезды обязаны своим происхождением тоже космическим частицам, столкнувшимся с атомными ядрами.

Внимание экспериментаторов привлек буквально прожигающий фотоэмульсию след, подобный стволу дерева, по сравнению с которым следы отдельных частиц казались скромными мохнатыми веточками. Этот след могло оставить лишь ядро очень тяжелого элемента, которому в таблице Менделеева отведено место далеко за ураном. Обнаружение в космических лучах неизвестного элемента опять поднимало множество проблем. Прежде всего: откуда это ядро взялось (на Земле естественная таблица элементов обрывается, как известно, на элементе с зарядом 92, т. е. на уране)? Трансурановые элементы, полученные искусственным путем, в лаборатории, оказались нестабильными и, следовательно, не могли бы долго путешествовать по Космосу.

О том, что в составе космических лучей имеются частицы

более тяжелые и обладающие бо́льшим электрическим зарядом, чем протоны, знали примерно с середины 30-х годов. В одном из обзоров, датированном 1936 годом, указывалось, что в камеры Вильсона, поднятые в горах на высоты 3000—4000 м над уровнем моря, попадают и более тяжелые, чем ядра водорода и гелия, частицы. Правда, их немного, не более 1 % от общего числа частиц. Сначала предполагали, что тяжелые частицы могут возникать за счет взаимодействия космических протонов с атомами воздуха, т. е. что они имеют вторичное происхождение. Однако опыты, проведенные в 1948 году группой американских физиков под руководством Э. Нея, Г. Брадта, Б. Питерса, показали, что это не так. В стратосферу, на высоту около 29 км, был запущен баллон, поднявший стопку фотопластинок с ядерной эмульсией и камеру Вильсона. После проявления в фотоэмульсии были обнаружены следы очень высокой плотности, которые могли оставить только частицы более тяжелые, чем протоны. И действительно, как показал более детальный анализ, заряды этих частиц достигали иногда величины 26. Это означало, что фотопластинки зарегистрировали полностью ионизированные атомы железа *. Но в составе атмосферы таких тяжелых ядер нет и, следовательно, железо никак не могло образоваться в ядерных взаимодействиях первичных частиц с атомами воздуха. Значит, они попали извне.

Эксперименты на баллонах показали, что зарядовый спектр тяжелых ядер простирается еще дальше, вплоть до $z \sim 40$ **, хотя доля таких тяжелых ядер была мала: 83 % первичных космических лучей составляли протоны, около 16 % $\alpha$-частицы, т. е. ядра гелия, на все остальные ядра приходился только 1 %. И все эти ядра имели очень большие энергии: от $10^8$ до $10^{20}$ эВ.

Простые расчеты показывают, что земная атмосфера ослабляет поток первичных протонов примерно в тысячу раз. $\alpha$-частицы и сложные ядра либо останавливаются, либо испытывают взаимодействия с атомными ядрами еще в верхних слоях атмосферы и на высотах меньше 20—25 км практически не наблюдаются. Для исследования состава первичного космического излучения необходимо было подняться на те высоты, где излучение еще не искажено атмосферой.

* Как известно, плотность ионизации, производимой заряженной частицей в веществе, пропорциональна квадрату величины ее электрического заряда. Таким образом, при одинаковой кинетической энергии $\alpha$-частица вызовет ионизацию, в 4 раза, ядро атома железа — в 676 раз, а ядро атома урана — в 8464 раза бо́льшую, чем протон. Плотность ионизации определяется также и скоростью частицы. Измеряя пробеги частиц в фотоэмульсии до их остановки, плотность производимой ими ионизации, ширину (в случае многозарядных частиц) и другие параметры следов в фотоэмульсии, можно определить энергию, заряд и массу частиц.

** Символом $z$ обозначается обычно электрический заряд.

И вот здесь на помощь учеиым прншлн нскусствениые спутннки Земли. В 1965—1969 годах прн помощи прнборов, установлеиных иа спутииках серии „Протои", был определен химический состав первичных космических лучей за пределами атмосферы.

Осиову иаучиой аппаратуры, устаиовлеиной иа спутииках „Протои", составлял ноиизациоиный калориметр, прибор, позволяющий по поглощеиию в нем космнческих лучей измерять энергню частиц первичиого космического нзлучения. Всплески нонизации, вызываемые космическнми частицамн, преобразовывались в импульсы высокого иапряжеиия. Иформация, полученная иа Земле по телеметрическим каналам, обрабатывалась иа специальиой ЭВМ.

...Каждые десять мииут датчик времени, установлеииый на борту тяжелого искусствеиного спутиика серии „Протон", посылал иа Землю сигиалы, которые регистрировались иаэемымн телеметрическими системами. Учеиым удалось иепосредствеиио измерить эиергетический спектр космического излучения вплоть до энергий $10^{15}$ эВ.

Сейчас практически каждый запуск космического аппарата используется для получеиия ннформацин о первичиых космнческих лучах. Правда, существующие методы нсследоваиня хнмического состава космических лучей ие отличаются высокой точностью. Во-первых, и в баллоиах, и в спутииковых экспериментах между детектором и космнческим простраиством неизбежно иаходится иебольшой слой вещества (слой воздуха, в баллоиных опытах, нли сами стеики космического корабля). Это означает, что часть ядер имеет все же вторичиое происхождеине. Во-вторых, эиак заряда космических частиц по необходимости определяется с иекоторой ошибкой. Но качествеииая картииа, которая вырисовывается в результате этих исследоваиий, позволяет составить довольио четкое представлеиие о природе космических лучей.

Какую же иформацию о космических лучах удалось получить, когда приборы были выиесеиы в околоземиое простраиство?

Прежде всего удалось уточиить состав космических лучей. В космических лучах можио встретить практически любой элемент периодической системы, включая и те ядра, которые н на Земле, и в окружающем ее простраистве встречаются крайне редко и даже ие встречаются вообще, иапрнмер тяжелые траисураиовые элемеиты, иа Земле давио распавшиеся.

Известио также, что во Вселеииой очеиь мало легких элемеитов — лития, бериллия, бора. Предполагается, что эти элементы как бы „выгорают" в процессе термоядерного сиитеза в звездах. Но в космических лучах оии встречаются в сто тысяч раз чаще, чем в других объектах Вселеииой. Тем ие меиее есть все основаиия считать, что эти легкие ядра имеют вторичное пронсхождеиие. За сотии миллиоиов лет, которые летят космические лучи, прежде чем попасть на Землю, происходит

расщепление тяжелых ядер при их взаимодействии с межзвездным веществом, в результате чего и возникают и легкие ядра, пополняющие ряды космических частиц.

Еще одна особенность космических лучей — повышенное по сравнению с составом Солнца, звезд, межзвездного газа содержание тяжелых ядер. Космические лучи в десятки раз богаче тяжелыми элементами, чем вещество небесных тел во Вселенной в целом, несмотря на то что некоторое количество этих тяжелых ядер выбывает из игры, увеличивая содержание легких элементов, таких, как литий, бериллий, бор.

Может быть, таинственные, не обнаруженные пока источники тоже обогащены тяжелыми элементами по сравнению со средним составом вещества во Вселенной? А может быть, в источниках космических лучей тяжелых ядер не больше, чем в других объектах Вселенной, но ускоряются тяжелые ядра более эффективно, чем легкие?

Итак, состав космических лучей за пределами земной атмосферы ученым известен: 90 % приходится на долю протонов, приблизительно 7 % составляет гелий, остальное — тяжелые ядра. Теперь, когда ученые имеют представление о природе космических лучей, центр тяжести исследований смещается в иную сторону: каково происхождение этого наполняющего пространство излучения? Существует ли какой-то природный генератор космических лучей?

В Солнечной системе, если не считать солнечного ветра, космические лучи не имеют выделенного направления в пространстве. За пределами Солнечной системы никаких источников космических лучей тоже не обнаружено. Значит, миллиарды подобных Солнцу звезд претендовать на роль источников космических лучей не могут. Но в доступной наблюдениям части Вселенной известны тысячи внегалактических объектов. Нет ли среди них источника космических лучей?

## Посланцы Метагалактики

Список вопросов, поднятых в предыдущем параграфе, можно было бы продолжить. Неизвестный источник снабжает пространство не только всеми возможными в природе химическими элементами и, не исключено, изотопами, но и огромными энергиями, способ получения которых современной физике неизвестен.

Каков же механизм ускорения космических частиц и есть ли предел для ускорения?

Теоретически можно сообщить частице такую энергию, что при столкновении ее с атомными ядрами или другими частицами возникнет не только каскад частиц, наблюдаемый, к примеру, в фотоэмульсионных камерах, а чуть ли не вся Вселенная со всеми ее звездами, галактиками, туманностями. Так, во всяком случае, возможно в теории, но ничего подобного

никто из экспериментаторов не наблюдал, а наша Вселенная, по данным астрофизики, возникла в результате совершенно другого процесса.

Установлено, что все частицы космического излучения, которые наблюдаются на уровне моря одновременно,— электроны, позитроны, μ-мезоны,— это отголоски гигантского ливня частиц, вызванного попаданием в атмосферу одной-единственной частицы, несущей огромную энергию.

Еще в 1934 году Б. Росси, экспериментируя со схемой совпадений, написал в одной из своих статей: „Кажется, что на установку падают одновременно очень большие группы частиц".

Спустя четыре года французские физики, работавшие под руководством П. Оже, убедились в справедливости догадки молодого итальянского коллеги. Дальнейшие исследования П. Оже и его коллег привели к открытию явления, которое вошло в науку под названием „широкие атмосферные ливни". Было установлено, что сквозь атмосферу наряду с одиночными частицами могут распространяться и группы частиц, связанные общностью происхождения. Это было обнаружено в экспериментах, где использовалась схема совпадений.

В опытах П. Оже в схему совпадений были включены сразу три счетчика Гейгера — Мюллера, два из которых, расположенные друг под другом, представляли традиционный в ядерной физике „телескоп", а третий счетчик мог перемещаться в горизонтальной плоскости. Оказалось, что счетчики срабатывают, т. е. регистрируют одновременное попадание в них частиц, даже если расстояние между „телескопом" и третьим счетчиком составляет десятки метров.

Несколько позднее этот метод был усовершенствован советскими физиками под руководством Д. В. Скобельцына, которым удалось создать установку, включающую четырех- и даже шестикратную схему совпадений. Многократные совпадения сильно уменьшали вероятность случайного срабатывания счетчиков при независимом прохождении через них нескольких частиц одновременно. Широкие атмосферные ливни наблюдались в опытах Скобельцына даже в том случае, когда расстояние между счетчиками достигало 1 км.

Сомнений не было: ливень представляет собой поток генетически связанных частиц. В некоторых ливнях, охватывающих большую площадь, можно было насчитать до десяти миллиардов частиц. Общая энергия ливня достигала $10^{18}$—$10^{19}$ эВ и выше. Правда, такие мощные ливни, сопровождающиеся выпадением миллиардов частиц, встречаются довольно редко: в среднем на каждый квадратный сантиметр земной поверхности подобная частица выпадает раз в сотни тысяч лет. Наблюдать же их можно потому, что ливни охватывают огромные площади.

Один из рекордных по энергии ливней, зарегистрированный американскими физиками, нес в себе энергию около $10^{20}$ эВ

и содержал примерно 50 миллиардов частиц. Кстати, энергии, заключенной в подобном ливне, хватило бы для подъема тела массой 1 кг на высоту 10 м.

Для детального изучения широких атмосферных ливней необходимы детекторы, разнесенные на большой территории в горизонтальной плоскости. Японские физики предложили изучать это явление с помощью ионизационных камер, покрывающих практически непрерывно площадь порядка 20 м². На Памирской высокогорной станции Физического института имени П. А. Лебедева АН СССР ежегодно экспонируется около 10 000 м² фотопленки.

Площадь другой советской установки, в Якутске, составляет 20 м². Кстати, именно в Якутске были зарегистрированы самые мощные ливни, порожденные частицами с энергией $10^{21}$ эВ. Ливни подобной мощности удалось также наблюдать физикам Сиднейского университета в Австралии.

Что же представляет собой ливень?

Это поток частиц, весьма сложный по составу и неоднородный по площади (вблизи „ствола" интенсивность частиц особенно велика). Прародителем ливня является либо протон первичного космического излучения, либо более тяжелая частица высокой энергии.

Первые исследователи ливней полагали, что ливни представляют собой электронно-фотонную лавину, вызванную попаданием в атмосферу частицы высокой энергии. Однако последующее детальное изучение природы этого явления, проведенное в 50-х годах, показало, что картина развития ливня гораздо сложнее. Советскими физиками под руководством члена-корреспондента АН СССР Г. Т. Зацепина было установлено, что в составе широких атмосферных ливней имеются и проникающие частицы, которые не задерживает даже толстый слой свинца. Естественно было бы предположить, что это уже знакомые нам μ-мезоны. Но подавляющее большинство μ-мезонов проходит через экспериментальную установку, не образуя вторичных частиц и растрачивая свою энергию лишь на ионизацию. Частицы, наблюдающиеся в широких атмосферных ливнях, по проникающей способности не уступают μ-мезонам, но они охотно „рождают" вторичные частицы. Значит, по природе своей они должны отличаться от μ-мезонов. Было высказано предположение, подтвердившееся дальнейшими экспериментами, что размножение частиц осуществляется путем ядерных взаимодействий, а не только за счет образования каскада электронов и γ-квантов.

Первичная частица высокой энергии — а низкоэнергичные частицы, как мы уже знаем, магнитное поле Земли не пропускает,— попадая в атмосферу, вызывает цепь ядерных взаимодействий, что приводит к разрушению не только ядра-мишени (если происходит столкновение), но и самой частицы, если она более сложная, чем протон. В результате этих процессов рождаются протоны, нейтроны, π-мезоны, гипероны и даже

античастицы. Вторичные частицы, обладающие значительной скоростью, в свою очередь дают аналогичные расщепления, и ствол ливня с каждой новой рождающейся частицей расширяется. Энергия первичной частицы распределяется между представителями каждого нового поколения частиц. Среди вновь рожденных частиц образуется немало $\pi$-мезонов. Семейство $\pi$-мезонов представлено тремя частицами, находящимися в трех заряженных состояниях, соответственно: $\pi^+$, $\pi^-$ и $\pi^0$-мезоны. В отличие от заряженных $\pi$-мезонов, нейтральные представители этого семейства „живут" всего $10^{-16}$ с и распадаются не на $\mu$-мезон и нейтрино, а на два $\gamma$-кванта.

При распаде заряженных $\pi$-мезонов возникают $\mu$-мезоны, они-то и дают начало проникающей компоненте космических лучей. Не вступающие во взаимодействие с атомными ядрами $\mu$-мезоны могут проникнуть глубоко под землю, их обнаруживали под многометровым (до 20 м) слоем грунта.

Нейтральные $\pi^0$-мезоны, испытывающие распад на два $\gamma$-кванта, являются причиной возникновения электромагнитных ливней, впервые наблюдавшихся в камере Вильсона. Возникающие при поглощении $\gamma$-квантов электроны и позитроны рассеиваются в атмосфере, что расширяет площадь, охватываемую ливнем.

Итак, что происходит в атмосфере Земли при попадании в нее первичной частицы космического излучения, качественно ясно. Однако особенно мощные ливни вызываются частицами, энергия которых превышает $10^{17}$ эВ. И о химическом составе столь высокоэнергичных представителей космического излучения пока известно немногое.

Если предположить, что ливень генерируется протоном, то придется допустить, что протон, обладающий такой огромной энергией, имеет внегалактическое происхождение, поскольку магнитное поле Галактики не в состоянии удержать его. Если же „родоначальником" ливня считать ультрарелятивистское ядро железа или, например, хрома, это может означать, что источник таких ядер находится в пределах Галактики. Что же представляют собой частицы таких высоких энергий и где они образовались? Эти вопросы пока остаются открытыми. Настолько открытыми, что ученые позволяют себе делать самые фантастические допущения об их природе. Вот одно из них.

Представим себе, хотя это и очень трудно, что где-то в пространстве пролетает Вселенная, подобная нашей. Весь парадокс заключается в том, что, как следует из общей теории относительности, в том случае, если эта „странствующая Вселенная" замкнута, то наблюдать ее невозможно в принципе. Но если эта гипотетическая Вселенная потеряет хотя бы один электрон, земной наблюдатель будет воспринимать ее как элементарную частицу с массой около 0,0001 г и зарядом электрона. С такими „элементарными частицами" физики пока не встречались, но, может быть, они есть среди космических частиц — обладателей энергии в миллиарды миллиардов элек-

трон-вольт. Тем более, что физики не отрицают внегалактическое происхождение некоторых таких частиц. Впрочем, так ли это, покажут будущие эксперименты.

## Звездный ветер

Хорошо знакомый с современной научной фантастикой читатель уже, по-видимому, отметил, что ни один фантаст даже и не пытался предсказать радиационную обстановку в Дальнем Космосе, например в Галактике.

Все было в фантастике: и измеряемые световыми столетиями броски через пространство, и встречи с другими цивилизациями, и заселение планет, освещаемых иными солнцами. Но довелось ли кому-нибудь догадаться, подумать, предвидеть, что около ближайшей к нам звезды свирепствует мощный — не чета солнечному — звездный ветер? Или что в окрестностях некоторых звезд сила этого ветра может быть в миллиарды раз больше, чем в околосолнечном пространстве? Впрочем, давно известно, что действительность много богаче самых смелых фантастических прогнозов. Намертво сразившую воображение фантастов теорию относительности создал физик А. Эйнштейн. Грандиозные космические взрывы были открыты астрофизиками. А путешествия созданных человеком космических аппаратов даже в пределах Солнечной системы оказались много богаче событиями, чем самые интересные фантастические произведения.

В нашей Галактике насчитывается несколько миллиардов желтых карликов *, звезд, подобных нашему Солнцу, которые тоже должны быть источниками излучения типа солнечного ветра.

Звездный ветер, как и солнечный, возникает в результате теплового расширения внешней оболочки звезды, когда сила внутреннего давления газа не уравновешивается гравитацией. Звездный ветер — это движущийся со сверхзвуковыми скоростями поток заряженных частиц.

Первые указания на возможное существование звездного ветра были получены еще в конце 30-х годов при наблюдении за звездой Кассиопея А из созвездия Кассиопея. В 1936—1939 годах заметили, что блеск этой звезды изменился. Анализ звездных спектров позволял утверждать, что за это время звезда по крайней мере трижды сбрасывала в пространство свои внешние оболочки.

В середине 60-х годов группа американских физиков под руководством Д. Мортона занималась наблюдениями за горя-

* Согласно современным представлениям, Солнце принадлежит к звездам так называемой главной последовательности, т. е. к близким по химическому составу звездам, в недрах которых протекают термоядерные реакции превращения водорода в гелий.

чими звездами в ультрафиолетовой области спектра. Чтобы провести подобные измерения, аппаратуру пришлось поднять на ракетах. Вот тогда-то и выяснилось, что из звездных атмосфер происходит истечение плазмы, скорость которого превышает скорость распространения звуковых волн.

В 1978 году американский спутник „Эйнштейн", оснащенный уникальным рентгеновским телескопом, принес открытие. У звезды Проксима Центавра имеется корона, температура которой близка к температуре солнечной короны и составляет около миллиона градусов. Корона, по мнению астрофизиков, могла свидетельствовать о том, что в окрестности звезды наблюдается и звездный ветер. По данным измерений спутника „Эйнштейн", короны могут существовать у многих звезд, относящихся к главной последовательности.

Изучение звездного ветра только начинается. Но уже сейчас известно, что существуют два типа ветра, „срывающегося" с поверхности звезд. К первому типу относится ветер, подобный солнечному. Он характеризуется малой потерей массы, но высокой, порядка 500 км/с, скоростью распространения плазмы в пространстве. Ветер второго типа в миллиард раз интенсивнее солнечного, хотя и перемещается в пространстве с относительно малыми скоростями (около 100 км/с).

Наше Солнце ежегодно „выбрасывает на ветер" около $10^{-14}$ своей массы. По оценкам астрофизиков, это в миллиард раз меньше истечения массы с поверхности других звезд.

О масштабах звездного ветра в Галактике можно судить по следующим цифрам: поступление вещества в виде звездного ветра за год составляет величину, сравнимую с массой Солнца. Это означает, что за время существования нашей Галактики — порядка десяти миллиардов лет — все межзвездное вещество уже успело побывать в звездах. А полная энергия, переносимая звездным ветром, может составлять заметную долю от энергии, излучаемой в виде электромагнитных волн.

Не последнюю роль в образовании звездного ветра играет и вращение звезды вокруг собственной оси. Быстрое вращение звезды может приводить к образованию разного рода неустойчивостей, вследствие чего наступает перестройка структуры звезды, а это в свою очередь сопровождается выбросом плазмы.

Никто не сомневается, что путешествия к другим мирам будут очень и очень непростыми. Они безусловно потребуют и радиационной защиты, и разведки радиационной обстановки, и прогноза звездной активности. Но не дай бог, пусть читатель простит это неуместное в космический век выражение, встретиться в таком полете со звездой, которую называют сверхновой.

## Пульс Вселенной

Двадцать тысяч лет назад, в те времена, когда на Земле жили кроманьонцы, на небосводе внезапно появилась очень яркая звезда, освещавшая Землю в тысячу раз сильнее, чем Луна в полнолуние. Основное излучение этой вновь возникшей звезды было сосредоточено в ультрафиолетовой области спектра, и поэтому верхние слои земной атмосферы оказались ионизованными в десятки раз сильнее, чем под действием солнечного ультрафиолетового излучения. Правда, на поверхность Земли это излучение не попадало — спасала атмосфера.

Нашим предкам — кроманьонцам довелось увидеть вспышку одной из звезд, которые астрономы называют сверхновыми. Такое редкое событие может произойти в окрестностях нашей Солнечной системы раз в несколько миллионов лет. И если бы эта сверхновая находилась достаточно близко к Солнечной системе (на расстоянии порядка 10 парсек),— хотя такое событие может случиться еще реже, раз в сотни миллионов лет,— то последствия взрыва звезды были бы ощутимыми для жизни на Земле.

Прежде всего возросла бы освещенность небосвода. Увеличилась бы — с опозданием на тысячелетия по отношению к моменту наблюдения оптической вспышки — интенсивность космической радиации. И только еще через тысячу лет, когда схлынула бы волна космической радиации, космический фон смог бы возвратиться к прежнему уровню. Попадание космических лучей в атмосферу сопровождалось бы образованием космогенных изотопов *, в том числе и радиоактивных, в значительно бо́льшей концентрации, чем это происходит в наше время. Повышение уровня радиации неминуемо сказалось бы на судьбе многих видов растительного и животного мира, что привело бы в некоторых случаях к губительным для жизни последствиям. Кстати, подобные космические взрывы, происходящие недалеко от Солнца, разумеется, по галактическим масштабам, со всеми вытекающими для жизни на Земле последствиями уже, по-видимому, имели место на протяжении эволюции Солнечной системы. Так, например, согласно одной из гипотез, вымирание рептилий в конце мелового периода было вызвано вспышкой сверхновой. И даже само возникновение жизни на Земле могло стимулироваться повышением уровня радиации. Но пока это гипотезы.

О вспышках сверхновых звезд как о возможных вполне конкретных источниках космических лучей впервые заговорили после появления в богатом сенсациями 1934 году работы американских физиков В. Бааде и Ф. Цвикки. Сверхновые звезды

* Космогенными называют изотопы химических элементов, возникающие в атмосфере в результате ядерных реакций, протекающих под действием космических лучей.

стали вторыми после Солнца реальными претендентами на роль источников космических лучей.

Наша Галактика вполне способна обеспечить наблюдаемые интенсивность и свойства космических лучей, кроме частиц с самыми высокими энергиями, превышающими $10^{17}$ эВ. Такие частицы магнитное поле Галактики не в состоянии удержать. Вполне возможно, что они и попали из Метагалактики. Их доля в составе первичного космического излучения совсем невелика. Основная часть космического излучения рождается при взрывах сверхновых и галактических ядер, но об этом чуть позднее.

Ежегодно в нашей Галактике вспыхивает несколько десятков звезд, хотя только малая их часть доступна астрономическим наблюдениям.

...Как рассказывается в древних китайских хрониках, 4 июля 1054 года на небосводе вспыхнула чрезвычайно яркая „звезда-гостья". Красно-белая звезда была видна даже днем. Ее наблюдали почти два года, прежде чем звезда перестала быть видимой. Координаты „звезды-гостьи" впоследствии удалось отождествить с тем местом на небосводе, где находится Крабовидная туманность. Прошло почти девять столетий, прежде чем смогли доказать, что вспыхнувшая в 1054 году звезда дала начало Крабовидной туманности. „Звезда-гостья", наблюдавшаяся астрономами древности, вошла в каталоги как Сверхновая 1054 года. К 1977 году в доступных наблюдениям галактиках было зарегистрировано около 450 сверхновых.

При взрыве сверхновой высвобождается столько энергии, сколько излучает наше Солнце за миллиард лет. Вещество, выбрасываемое при взрыве, движется с огромными скоростями, достигающими 10 000 км/с. Вокруг вспыхнувшей звезды образуется туманность — она-то и представляет собой источник космических лучей. Правда, проверить эту гипотезу самым непосредственным образом не представляется возможным, поскольку волна космического излучения придет на Землю со значительным (в несколько тысячелетий) опозданием после того, как сверхновая будет обнаружена астрономическими наблюдениями. А если учесть, что космические лучи движутся в Галактике, нанизываясь на магнитные силовые линии, то оказывается, что путь их нередко во много раз превышает кратчайшее расстояние от породившей их звезды. Подсчитано, что космические лучи „путешествуют" по Галактике десятки миллионов лет, преодолевая расстояния, значительно бо́льшие, чем диаметр галактического диска. В итоге космические лучи „забывают" о месте своего рождения.

Огромная энергия, выделяемая при взрывах сверхновых звезд, имеет ядерное происхождение, хотя первопричиной взрывов является высвобождение не ядерной, а гравитационной энергии. В процессе эволюции, по мере выгорания ядерного горючего, звезда начинает катастрофически быстро сжиматься, при этом кинетическая энергия ее оболочки превращается

в тепловую, что влечет за собой быстрый нагрев и взрыв, хотя подобной катастрофой кончается жизнь далеко не всех звезд, а лишь очень массивных. К моменту взрыва оболочка звезды нагревается до весьма высоких температур, порядка миллиарда градусов.

При взрыве происходит мгновенный выброс большого количества нейтронов (они входят в состав оболочки звезды), и это наряду с высокими температурами должно приводить к синтезу новых химических элементов, как стабильных, так и радиоактивных. Эти новорожденные химические элементы и представляют собой космические лучи. Захват нейтронов в момент взрыва сверхновых происходит быстрее, чем распад вновь образовавшихся радиоактивных изотопов. Именно особенности синтеза элементов при взрывах сверхновых и объясняют необычно богатый для водородно-гелиевой Вселенной состав космических лучей.

Р. Милликен, в свое время полагавший, что космические лучи — это крик рождающихся атомов, был не так уж далек от истины. С той лишь поправкой, что космические лучи — это те самые рождающиеся атомы.

## Магнитные рельсы Вселенной

В мире звезд самым мощным по энерговыделению процессом считаются взрывы сверхновых, в мире галактик — взрывы галактических ядер. Но можно ли только этими процессами объяснить все многообразие космических лучей?

О происхождении космических лучей единого мнения пока нет, но любая попытка отыскать их источники неизбежно уводит нас за пределы Солнечной системы. Где же искать эти таинственные источники? Мнения ученых разделились. Одни астрофизики считают, что космические лучи в основной своей массе образовались в пределах Галактики, другие склоняются к мысли, что за ее пределами. Сторонники метагалактической (или внегалактической) модели считают, что вся Метагалактика, включая и Галактику, заполнена космическими лучами, интенсивностью и спектром отличными от тех, что наблюдаются вблизи Земли. Предполагается, что в Метагалактику космические лучи попадают с еще более отдаленных мощных источников — радиогалактик и квазаров. Одним из самых близких к нам подобных источников считают радиогалактику Центавр А, расстояние до которой составляет 5,8 Мпс, или около $10^{20}$ км.

Если исключить Солнце и подобные ему звезды, выбрасывающие в пространство мягкое корпускулярное излучение, то в центре внимания останутся две модели, призванные объяснить происхождение космических лучей: галактическая и метагалактическая.

Сторонники галактической модели считают, что космические

лучи, попадающие в Солнечиую систему, образуются в Галактике. Кроме сверхиовых звезд источниками космических лучей могут быть еще иекоторые типы звезд: иовые звезды, магнитные, рентгеновские. Звезды тнпа Солнца вносят примерио стотысячную долю в космическое излучеиие. Осиовиым же источинком излучения считаются взрывы сверхновых и галактических ядер.

В нашей Галактике, по данным радиоастрономии, существует относительно небольшое, примерио 500 пс в поперечннке, ядро с массой в иесколько миллиоиов солнечиых масс. Вблизи этого ядра плотность энергии космических лучей в сотни, а может быть, даже в тысячи раз превышает плотиость энергии космических лучей в Солнечной системе. Предполагают, что около 20 миллионов лет назад в центре Галактики произошел грандиозиый взрыв, сопровождавшийся выбросом мощного потока космнческих частиц.

В 1968 году наблюдения, сделаниые на американской орбитальной станции „OSO-1", показали, что подобные взрывы моглн произойти не только в нашей Галактике, но также, например, и в цеитре галактики, расположеной в созвездии Стрельца. Правда, более поздние измерения иа γ-телескопах, поднятых в стратосферу, позволили устаиовить, что существует ие один, а несколько дискретных источников γ-излучеиия, ие совпадающих с галактическнм центром.

Космические лучи высоких эиергий при их прохождеиии через межзвездную среду сопровождает электромагиитиое излучение в радио-, рентгеновском и γ-диапазонах. Таким образом,— это явилось открытием последиих лет — космические лучи можно исследовать не только при их непосредствеином попадании в детектор, ио н иа расстояиии, регистрируя сопровождающее их электромагиитиое излучение. Для этого необходимо поднять аппаратуру в стратосферу.

Расчеты показали, что в галактическую модель не впнсываются лишь частицы самых высоких энергий, источник которых, по-виднмому, и нужио искать за пределами нашей Галактики.

В основе метагалактических моделей лежит предположение о том, что космические лучи более или менее равномерио заполняют всю область метагалактнческого пространства, включая и Галактику. Это означает, что плотиость космических лучей везде должна быть практически одинаковой. Генерируются космические лучи, согласно этой модели, и в „обычных" галактиках, т. е. при взрывах сверхиовых и галактических ядер, и в очень отдалеиных мощиых нсточниках типа радиогалактнк и квазаров — объектов, находящихся далеко за пределами Галактики. Расстояния до иих оцеиив аются величиной порядка миллиоиов световых лет.

У квазаров очень яркая светимость в радио- и оптнческом диапазонах. Излучаемый нми свет в десятки и сотии раз превышает светимость всей нашей Галактики. Квазары принесли

астрофизикам много загадок. Во всяком случае их природа окончательно не выяснена.

Для радиогалактик характерны мощные выбросы вещества.

Главная трудность, с которой сталкивается метагалактическая модель, заключается в том, что наблюдаемая (косвенно, по радиоизлучению) плотность космических лучей во всей Метагалактике значительно ниже, чем следует из расчетов. Поэтому ученые склонны думать, что основная масса космических лучей, которые достигают Солнечной системы, образуется все же в пределах Галактики. А гигантские энергии, с которыми большинство космических лучей приходит к Земле, заставляют ученых искать причины ускорения частиц.

В 1949 году итальянский физик Э. Ферми впервые рассмотрел вопрос о том, как происходит ускорение частиц в межзвездных пространствах.

В последнее время стало ясно, что ускорение частиц — один из самых распространенных процессов в межзвездной среде. Для его протекания необходимы магнитные поля, претерпевающие изменение во времени. Как известно, изменение магнитного поля влечет за собой изменение связанного с ним электрического поля. Двигаясь в переменном электромагнитном поле, заряженные частицы и пополняют запасы своей энергии.

Астрофизики считают, что в космическом пространстве имеет место электромагнитное ускорение космических частиц. Все механизмы ускорения космических лучей согласуются с моделью индукционного электрического поля, возникающего при изменении во времени напряженности магнитного поля. Косвенные данные о существовании крупномасштабных галактических магнитных полей получены из радиоастрономических наблюдений.

Магнитное поле Вселенной, по мнению астрофизиков, играет роль приводного ремня для транспортировки энергии.

Именно в процессе длительного ускорения космические частицы приобретают столь высокие энергии. Как писали известные советские астрофизики В. Л. Гинзбург и С. И. Сыроватский, это происходит повсюду: и в радиационных поясах планет, и на Солнце, и в оболочках сверхновых, и в радиогалактиках, и в квазарах.

Исследование космических лучей велось на протяжении всего XX века. Но только спустя пятьдесят лет после их открытия выяснилось, какую важную роль играют космические лучи во Вселенной. Космические лучи — это универсальное явление природы, они присутствуют всюду: в околосолнечном и межзвездном пространстве, они пронизывают галактики, переносят вещество и энергию по недоступным человеческому воображению межгалактическим просторам.

Космические лучи — это своеобразный временной срез нашей Вселенной: это и остатки давно погибших звезд, и моло-

дые, буквально на наших глазах выброшенные из Солнца частицы его вещества. Недаром космические лучи называют пульсом Вселенной.

Но, прежде чем открыть и познать это грандиозное явление природы, человеку пришлось оторваться от Земли и подняться в стратосферу.

## Открытие продолжается

Открытие космических лучей по праву можно считать одним из фундаментальных достижений науки XX века. На осознание того факта, что излучение, приходящее на Землю, имеет внеземной характер, потребовалось почти полтора десятилетия. Это неудивительно — земная наука впервые столкнулась с явлением космического масштаба, для интерпретации которого земные аналогии оказались непригодными.

Как подчеркивал академик С. И. Вернов, на первом этапе космические лучи рассматривались как некое геофизическое явление, вызывающее ионизацию атмосферы. И естественным было стремление исследователей подняться как можно выше. Но теперь мы знаем, такова, по словам А. Эйнштейна, „драма идей", сопутствующая развитию науки, что героические полеты в стратосферу не смогли принести принципиально новой информации о космических лучах. Но мы знаем и другое: полеты в стратосферу были неизбежным этапом в исследовании космических лучей.

ИСЗ, позволившие обнаружить окружающие землю пояса радиации — результат попадания космического излучения в гигантские магнитные ловушки,— тоже не приблизили человека к источникам космических лучей. Проблема оказалась много сложнее, чем могло представить себе самое раскованное воображение.

В поисках источника, наполняющего излучением межзвездное пространство, человеку пришлось мысленно выйти за пределы Солнечной системы и проникнуть в глубины Галактики. Именно там, в оболочках сверхновых звезд, находится природная лаборатория космических лучей.

Но космические лучи оказались и носителями небывалой, недоступной земной физике энергии. В течение нескольких десятилетий, пока человек не научился искусственно ускорять частицы до космических скоростей, природный ускоритель, т. е. космические лучи, был единственным средством изучения процессов взаимодействия частиц высоких энергий с атомными ядрами. При помощи космических лучей были открыты многие элементарные частицы: $\pi$-мезоны, К-мезоны, гипероны, антипротоны.

А когда установили, что космические лучи состоят из протонов и более тяжелых ядер и что в их состав входят практически все известные в природе химические элементы, стала

ясна роль космических лучей не только в процессе переноса энергии во Вселенной, но и в формировании вещества небесных тел.

Рассказ о космических лучах окончен, но их открытие продолжается. Когда книга готовилась к печати, стало известно о новом открытии советских ученых, среди которых был и академик С. И. Вернов. Приборы, установленные на ИСЗ, показали резкое увеличение космической радиации в районах над Южной Атлантикой и у берегов Антарктиды. Интенсивность радиации в сотни раз превышала обычные потоки космических лучей. Выяснилось, что причиной радиационных аномалий является уменьшение напряженности магнитного поля Земли. В этих районах происходит интенсивный сток заряженных частиц из радиационных поясов. Это открытие заставляет ученых пересмотреть представления о дрейфе и времени жизни частиц в радиационных поясах, о механизме поступления частиц в радиационные пояса и, наконец, о радиационной безопасности космических полетов.

Поднявшись в стратосферу, человек открыл космическое излучение. Для того чтобы узнать, что такое космические лучи, пришлось подняться выше, всплыть на поверхность воздушного океана, преодолеть магнитосферу планеты. И оказалось, что не только атмосфера Земли защищает жизнь от излучения космического пространства, не только ее магнитное поле становится щитом на пути идущего из Галактики излучения, но и Солнце сдерживает потоки излучения, обрушивающегося на его маленькие спутники. Многое еще предстоит узнать и понять.

Изучение космических лучей продолжается.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За двести лет, прошедшие со времени первых полетов человека в воздушном океане, удалось много раз наблюдать нашу Землю с высоты. Свершилась и давняя мечта человечества: полностью оторваться от Земли и выйти в космическое пространство.

История воздухоплавания, ставшая прелюдией к истории космических полетов, это не только завоевание новых „потолков высоты", не только летопись открытий и „драма идей", но прежде всего люди, чьи судьбы стали неотъемлемой частью огромного, охватившего всю цивилизацию процесса познания окружающего мира. И в этом главный итог освоения стратосферы.

Теперь мы знаем, что наша Земля — маленький оазис среди девяти планет Солнечной системы и их спутников. Знаем, что наша планета — единственная в Солнечной системе, где развивается жизнь, и что жизнь на планете поддерживается благодаря теплу Солнца, и окружающей планету озоновой защите и далеко простирающейся магнитосфере. И такого полного „набора" защитных средств, задерживающих губительное для жизни излучение, нет ни у одного космического соседа Земли.

Возможны ли более далекие космические путешествия, за пределы Солнечной системы? Удастся ли создать безупречно работающие долгие годы системы жизнеобеспечения экипажей будущих межзвездных экспедиций? Сможет ли человек найти такие средства перемещения в пространстве, которые позволили бы ему достичь ближайших звезд в течение жизни одного поколения? Ответы на эти вопросы, впервые поднятые при изучении стратосферы, будут найдены, по-видимому, в XXI веке. Сейчас далекие межзвездные экспедиции доступны лишь героям научно-фантастических произведений.

Но исследование планет Солнечной системы стало реальностью XX века. Следы землян остались на „пыльных тропинках" Луны. А автоматическим посланцам земной науки удалось разорвать облачную завесу Венеры и опуститься на ее горячую поверхность, откуда никогда не видно звезд.

Еще не ступала нога человека на Марс, но многое уже

известно о господствующих там ураганных ветрах, о холодных ночах, о глобальных бурях на красной планете.

На языке электромагнитных сигналов автоматы будущего передадут на Землю все, что увидят на других планетах. Прообразом этих автоматов является маленький радиозонд, некогда поднятый в стратосферу Земли на воздушном шаре.

Со многим придется столкнуться первопроходцам Вселенной: с огромными расстояниями, недостижимыми на Земле скоростями, одиночеством и пустотой пространства. Но главное — это радиация, излучение, названное еще в 20-е годы космическим. Излучение, переносящее во Вселенной энергию.

И здесь хотелось бы рассказать читателям об одной из первых встреч автора с академиком С. Н. Верновым.

...Человек, который еще полчаса назад выглядел настолько усталым, что казалось бессердечным приглашать его участвовать в телевизионной передаче, непринужденно сидел перед камерой и беседовал на фоне горящих свечей со своим коллегой, тоже известным ученым.

О чем же они говорили?

О вычислительных машинах размером с человеческий мозг и тем же диапазоном возможностей. О том, что элементарные частицы не так уж и элементарны и что на очереди поиск действительно элементарных частиц. О нейтронных звездах — космических карликах, имеющих плотность ядерного вещества...

Свечи неслышно таяли в своих подсвечниках. Камера выхватывала крупным планом лица ученых, чуть озаренные пламенем. Передача была импровизацией — участники заранее к ней не готовились,— и потому это был живой разговор. Они говорили об умении предсказывать „космическую погоду". И о том, что полеты в космос — рай не только для физиков. Возможна встреча с совершенно иной биологией, развивающейся во внеземных условиях. А ведь еще Фредерик Жолио-Кюри предсказывал, что будущее принадлежит не физике, а именно биологии, правда, биологии, вооруженной и физикой, и математикой, и химией.

Было это весной 1968 года. А через год автору снова посчастливилось встретиться с участником этой блестящей импровизации о науке будущего лауреатом Ленинской премии, всемирно известным специалистом по физике космических лучей, академиком С. Н. Верновым.

— Будем говорить только о науке,— предупредил Сергей Николаевич.

В арсенале вопросов, которые предполагалось задать академику, значились и антивещество, и проблема существования внеземных цивилизаций, и...

— Только наука,— неумолимо добавил он,— и, пожалуйста, без эмоций...

Журналистам хотелось бы иногда раскрасить в неестественно яркие тона экзотики все, что сопутствует научным откры-

тиям. И академик Вернов опасался, что это могут сделать и с космическими лучами. Но все же, когда его попросили дать интервью, он согласился и выкроил время среди до минут расписанного пребывания в Ленинграде (шла Всесоюзная конференция по физике космических лучей).

— Будем говорить только о космических лучах,— счел нужным уточнить Сергей Николаевич.— Они приходят к нам издалека, из мирового пространства. Но магнитное поле Земли и ее атмосфера ослабляют и изменяют космическое излучение. Поэтому естественно стремление физиков исследовать космические лучи на больших высотах, где можно пользоваться сложной аппаратурой.

Как это происходило, читатель уже знает. Академик Вернов рассказал о своем учителе профессоре П. А. Молчанове, имя которого прочно вошло в историю науки и тесно переплелось с названием прибора, подаренного им человечеству.

Мы разговаривали с академиком Верновым о событиях, детали которых теперь уже можно восстановить только с помощью архивов. Не столь, казалось бы, давние с позиций истории, они были уже слегка тронуты пеленой времени. Сергей Николаевич сказал: „Напишите о профессоре Молчанове. Обязательно напишите."

— Первый полет шара-зонда с передачей данных о космических лучах по радио состоялся в 1935 году,— рассказывал академик Вернов.— Исследование космических лучей было тесно связано с развитием техники воздухоплавания. Потом были и высотные полеты, и подъем аппаратуры за пределы атмосферы с помощью ракет. Появление искусственных спутников Земли сделало возможным изучение околоземного пространства. Следующий этап — достижение второй космической скорости и вывод ракет к орбитам Венеры и Марса. В обширной программе исследований значились и космические лучи.

Мы уже привыкли: когда раздается строгий голос диктора: „Передаем сообщение ТАСС. В соответствии с программой исследований космического пространства в Советском Союзе успешно осуществлен запуск...", люди на мгновение застывают, а потом стремятся к телевизорам.

...Где-то в недрах института обязательно отыщется телевизор. Его будут спешно налаживать: ведь он уже давно приспособлен для других целей. Комната наполнится людьми. Опоздавшие будут толпиться в коридоре, пытаясь разглядеть экран в просвете между головами.

...Дрожащее тело ракеты, быстро уменьшаясь в размерах, сначала превратится в маленькое светящееся пятно, а затем растворится совсем. Откуда-то из-за кадра будут нарастать звуки торжественного марша, и продолжать свою обычную работу окажется невероятно трудно, потому что мысли неизбежно будут вращаться около маленькой светящейся точки... И хотя полет идет успешно, до самого конца не будет известно, как перенесут перегрузки и вибрации и многое-многое дру-

гое их детища — приборы, установленные в кабине космического корабля. И они заставят приборы работать, эти люди, не претендующие на особую славу, почет или внимание, физики, счастливые уже тем, что им предоставили возможность экспериментировать в космосе...

...Сергей Николаевич рассказывал о своей науке, и только о ней, ни слова о себе. И речь его была наполнена отточенными формулировками — он привык давать интервью журналистам. Он выглядел немного суровым и усталым, человек, открывший радиационные пояса Земли.

Прощаясь с академиком Верновым, я спохватилась: а как же гипотетические кварки, антимиры и внеземные цивилизации. И, как будто разгадав мои мысли, Сергей Николаевич сказал:

— Но ведь физика космических лучей и так очень интересна...

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Ассовская А. С.
А 90 Командируется в стратосферу. Л., Гидрометеоиздат, 1983. 128 стр. и илл.

Завоевание стратосферы, предшествующее выходу человека в космическое пространство, по праву считается одним из героических периодов в развитии мировой науки. Тесно связан с освоением стратосферы полный драматизма научный поиск, завершившийся открытием космических лучей и пониманием их внеземного происхождения. В книге рассказывается об истории развития воздухоплавания, о научных экспедициях в стратосферу, околоземное и межпланетное пространство. Описываются рекордные полеты советских и зарубежных стратонавтов, чей научный подвиг оставил яркую страницу в истории освоения воздушного пространства нашей планеты.

Для широкого круга читателей.

А $\frac{190304000-159}{069(02)-83}$ 59-83

26.23+22.38

Аэлита Сергеевна Ассовская

КОМАНДИРУЕТСЯ
В СТРАТОСФЕРУ

Редактор Л. А. Мялина. Художник Ф. Г. Браславский. Художественный редактор Б. А. Денисовский. Технический редактор Л. М. Шишкова. Корректор О. В. Андреева

ИБ № 1392

Сдано в набор 04.04.83. Подписано в печать 16.11.83. М-38655. Формат $84 \times 108^{1}/_{32}$, бумага тип. № 2 и офсетная. Гарнитура литературная. Печать высокая и офсетная. Усл. печ. л. 7,56 с вкладкой. Усл. кр.-отт. 8,82. Уч.-изд. л. 9,34. Тираж 50 000 экз. Индекс ПЛ-132. Заказ № 3621. Цена 40 коп.

Гидрометеоиздат. 199053. Ленинград. 2-я линия, д. 23. Полиграфкомбинат им. Я. Коласа.

40 к.
Гидрометеоиздат
1983